



TUGAS AKHIR – RC14-1501

## **STUDI PENANGGULANGAN BANJIR KALI GUNTING DI KABUPATEN JOMBANG**

ARDLI KHOIRUR RIZKI  
NRP. 03111240000019

Dosen Pembimbing I :  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.

Dosen Pembimbing II :  
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**TUGAS AKHIR – RC14-1501**

**STUDI PENANGGULANGAN BANJIR KALI  
GUNTING DI KABUPATEN JOMBANG**

**ARDLI KHOIRUR RIZKI  
NRP. 03111240000019**

Dosen Pembimbing I :  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.

Dosen Pembimbing II :  
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



**FINAL PROJECT- RC14-1501**

**STUDY OF GUNTING RIVER FLOOD CONTROL IN  
JOMBANG REGENCY**

**ARDLI KHOIRUR RIZKI**  
**NRP. 03111240000019**

Supervisor I:  
Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.

Supervisor II:  
Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil, Environmental, and Geo Engineering  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2018



# STUDI PENANGGULANGAN BANJIR KALI GUNTING DI KABUPATEN JOMBANG

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Pada  
Bidang Studi Hidrolika  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**ARDLI KHOIRUR RIZKI**  
**NRP. 03111240000019**

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Pembimbing I:

**Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc**

**NIP. 196109271987011001**

Pembimbing II:

**Ir. Bambang Sarwono, M.Sc**

**NIP. 195303021987011001**



**SURABAYA**  
**JULI 2018**

# **STUDI PENANGGULANGAN BANJIR KALI GUNTING DI KABUPATEN JOMBANG**

**Nama Mahasiswa : Ardli Khoirur Rizki**

**NRP : 03111240000019**

**Jurusan : Teknik Sipil**

**Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.**

**: Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.**

## **ABSTRAK**

*Kali Gunting terletak di Kecamatan Mojoagung, Kabupaten Jombang yang memiliki panjang sungai  $\pm 10$  Km dan luas daerah tangkapan air seluas  $\pm 240,255$  Km<sup>2</sup>. Saat musim hujan di Kali Gunting sering terjadi banjir. Banjir ini dikarenakan dimensi saluran tidak mampu menampung debit yang ada. Karena itu tujuan dari tugas akhir untuk mengetahui tindakan yang akan dilakukan untuk mengatasi banjir ini.*

*. Tahapan Untuk mencapai tujuan tersebut adalah sebagai berikut. Pertama analisa hidrologi, yang meliputi: perhitungan distribusi perhitungan parameter statistik, perhitungan koefisien pengaliran, dan perhitungan hidograf satuan sintetik. Kedua analisa hidrolika dengan menggunakan program bantu HEC-RAS*

*Dari hasil analisis diperoleh, dengan debit periode ulang 10 tahun ( $Q_{10}$ ) yang sebesar  $394 \text{ m}^3/\text{dt}$  terjadi banjir di Kali Gunting. Sehingga dilakukan pelebaran saluran di beberapa titik yang terjadi banjir.*

**Key word : Banjir, Kali Gunting, Penanggulangan, HEC-RAS**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# **STUDY OF GUNTING RIVER FLOOD CONTROL IN THE JOMBANG REGENCY**

**Student Name : Ardli Khoirur Rizki**

**NRP : 03111240000019**

**Department : Teknik Sipil**

**Consultant lecturer: Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.**

**: Ir. Bambang Sarwono, M.Sc.**

## **ABSTRACT**

*Gunting river is located in Mojoagung Subdistrict, Jombang Regency which has long river  $\pm 10$  Km and wide catchment area of  $\pm 240,255$  Km<sup>2</sup>. When the rainy season in Kali Gunting often flood. This flood is due to channel dimension is not able to accommodate the existing discharge. Therefore the purpose of the final task to know what action will be taken to overcome this flood.*

*Stages To achieve these goals are as follows. First is hydrological analysis, which includes: calculation of statistical parameter calculation distribution, calculation of drain coefficient, and calculation of synthetic unit hydrograph. Second is hydraulic analyzes using the HEC-RAS auxiliary program*

*From the analysis results obtained, with a 10 year re-period discharge ( $Q_{10}$ ) which amounted to 394 m<sup>3</sup>/dt flooding occurred in Kali Gunting. So that the channel is widened at some point in the flood.*

**Key word : Flood , Kali Gunting, HEC-RAS**

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufiq, hidayah dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“STUDI PENANGGULANGAN BANJIR KALI GUNTING DI KABUPATEN JOMBANG”**, sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (ST.)

Shalawat serta salam tidak lupa penulis haturkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW, keluarga serta para sahabatnya yang senantiasa turut berjuang di jalan Allah SWT.

Selama melaksanakan dan menyelesaikan tugas akhir ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah sabar dalam memberikan dukungan, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Ir. Bambang Sarwono, M.Sc selaku dosen pembimbing 2 yang telah sabar dalam memberikan dukungan, bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini
3. Bapak Soenoto, Ibu Jamilati, Mbak Linda, Mas Nabat, dan Fito atas semangat dan do'a yang telah diberikan
4. Bapak Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D selaku dosen wali penulis
5. Dosen Tim Penguji seminar dan sidang serta Seluruh Dosen Teknik Sipil FTSLK – ITS
6. Keluarga HMS dan angkatan tercinta S-55
7. Habib, Muklis, Gagas, Reza, Bergas, Yayan, Rozi, Lutfy, Friz, Fajrin, Bayu selaku teman "DORO CS" yang selalu memberi banyolan bermutu (bangeeet).
8. Dicky, Aun, Alvin dan segenap penghuni Sekertariat PLH SIKLUS ITS terimakasih atas dukungan dan bantuannya
9. Dira, Resi, yang sudah membantu sehingga Tugas Akhir ini terselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis menyadari bahwa masih ada kekurangan. Harapannya pembaca dapat mengambil ilmu yang ada dan memberi saran atau kritik untuk kemajuan teknologi di masa yang akan datang.

Surabaya, Maret 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
TITTLE PAGE .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	ix
KATA PENGANTAR .....	xi
DAFTAR ISI .....	xiii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR TABEL .....	xvii
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Manfaat .....	2
1.6. Lokasi .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Analisa Hidrologi .....	5
2.1.1. Analisa Curah Hujan Rata-Rata .....	5
2.1.2. Analisa Frekuensi .....	6
2.1.3. Analisa Curah Hujan Maksimum Rencana .....	8
2.1.4. Uji Kecocokan Sebaran .....	13
2.2. Debit Banjir Rencana .....	14
2.2.1. Distribusi Curah Hujan.....	15
2.2.2. Perhitungan Hidrograf.....	15
2.2.3. Koefisien Pengaliran (C).....	16
2.2.4. Daerah Pematusan (Catchment Area) .....	17
2.2.5. Perode Ulang.....	18
2.3. Analisa Hidrolika .....	19
2.3.1. Kapasitas Saluran .....	19

BAB III METODOLOGI .....	23
3.1. Tahap Persiapan .....	23
3.1.1. Survey Pendahuluan .....	23
3.1.2. Studi Pustaka .....	23
3.1.3. Pengumpulan Data .....	23
3.2. Analisa Data dan Proses Perhitungan .....	23
3.3. Kesimpulan dan Saran .....	23
3.4. Diagram Alir Tahap-Tahap Pengerjaan Tugas Akhir .....	23
 BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN .....	 27
4.1. Perhitungan DAS Kali Gunting .....	27
4.2. Analisa Hidrologi .....	28
4.3. Analisa Hujan .....	28
4.4. Perhitungan Distribusi Hujan .....	30
4.5. Perhitungan Parameter Statistik .....	51
4.6. Pemilihan Jenis Distribusi .....	53
4.7. Uji Kecocokan Distribusi .....	54
4.8. Perhitungan Hujan Rencana .....	56
4.9. Perhitungan Koefisien Pengaliran .....	57
4.10. Perhitungan Curah Hujan Efektif .....	58
4.12. Analisa Hidrolika .....	64
4.13. Analisa HEC-RAS .....	65
4.14. Analisa Penampang Rencana .....	73
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	 77
5.1. Kesimpulan .....	77
5.2. Saran .....	77
DAFTAR PUSTAKA .....	79
LAMPIRAN .....	81
BIODATA PENULIS .....	189

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Banjir di Desa Curah Malang .....	1
Gambar 1.2. Peta Lokasi Kali Gunting .....	3
Gambar 2.1. Contoh Gambar Poligon Thiessen.....	6
Gambar 2.2. Penampang saluran (a) persegi (b) trapezium .....	20
Gambar 3.1. Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	25
Gambar 4.1. Luas Total DAS Kali Gunting.....	27
Gambar 4.2. Poligon Thiessen pada Wilayah DAS Kali Gunting... 30	
Gambar 4.3. Tampilan HEC-RAS.....	65
Gambar 4.4. Tampilan Input New Project.....	66
Gambar 4.5. Tampilan <i>Unit System</i> .....	66
Gambar 4.6. Tampilan Hasil Sket Kali Gunting .....	67
Gambar 4.7. Tampilan Edit <i>Cross Section</i> .....	67
Gambar 4.8. Tampilan <i>Cross Section Data</i> .....	68
Gambar 4.9. Tampilan Penyimpanan <i>Cross Section</i> .....	69
Gambar 4.10.1 Memilih <i>Unsteady Flow Data</i> .....	69
Gambar 4.11. Debit yang Masuk pada Kali Gunting .....	70
Gambar 4.12. Tampilan <i>Boundary Condition</i> hilir Kali Gunting.... 71	
Gambar 4.13. Memilih <i>Run Unsteady Flow Analysis</i> .....	71
Gambar 4.14. Tampilan <i>Run Unsteady Flow Analysis</i> .....	72
Gambar 4.15. Hasil <i>Running</i> Penampang Memanjang Kali Gunting.....	72
Gambar 4.16 Profil Penampang Melintang Eksisting Kali Gunting STA 99 .....	73
Gambar 4.17 Profil Penampang Melintang Kali Gunting STA 99 Setelah Normalisasi.....	74
Gambar 4.18 Profil Penampang Memanjang Kali Gunting Setelah Normalisasi.....	74

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Reduced Variate sebagai fungsi waktu balik.....	9
Tabel 2.2. Hubungan <i>Reduced Mean</i> ( $Y_n$ ), <i>Reduced Standar Deviation</i> ( $S_n$ ), dengan besarnya sampel .....	10
Tabel 2.3. Harga Koefisien Pengaliran.....	16
Tabel 2.4. Periode ulang hujan.....	18
Tabel 2.5. Koefisien kekasaran manning ( $n$ ).....	20
Tabel 2.6. Penampang saluran ( $a$ ) persegi ( $b$ ) trapezium .....	20
Tabel 2.7. Rumus hidrolika saluran.....	21
Tabel 4.1. Curah Hujan Rata-rata .....	29
Tabel 4.2. Luas Daerah Pengaruh dan Koefisien Thiessen Stasiun Hujan .....	31
Tabel 4.3. Curah Hujan Maksimum di SH Balongsono .....	32
Tabel 4.4. Curah Hujan Maksimum di SH Sumobito .....	32
Tabel 4.5. Curah Hujan Maksimum di SH Mojoagung.....	33
Tabel 4.6. Curah Hujan Maksimum di SH Penanggalan.....	33
Tabel 4.7. Curah Hujan Maksimum di SH Selorejo.....	34
Tabel 4.8. Curah Hujan Maksimum di SH Mojowarno .....	34
Tabel 4.9. Curah Hujan Maksimum di SH Bareng .....	35
Tabel 4.10. Curah Hujan Maksimum di SH Wonosalam.....	35
Tabel 4.11. Curah Hujan Maksimum di SH Rejoagung.....	36
Tabel 4.12. Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Balongsono.....	39
Tabel 4.13. Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Sumobiro .....	40
Tabel 4.14. Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Mojoagung .....	41
Tabel 4.15. Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Penanggalan .....	42
Tabel 4.16. Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Selorejo .....	43
Tabel 4.17. Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Mojowarno .....	44



Tabel 4.18. Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Bareng .....	45
Tabel 4.19. Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Wonosalam.....	46
Tabel 4.20. Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Rejoagung.....	47
Tabel 4.21. Curah Hujan Rata – Rata Maksimum.....	50
Tabel 4.22. Perhitungan Parameter Statistik Untuk Normal dan Gumbel Tipe 1 .....	52
Tabel 4.23 Perhitungan Parameter Statistik Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III dan Log Normal.....	53
Tabel 4.24. Pemilihan Jenis Distribusi yang Sesuai .....	53
Tabel 4.25. Uji Kecocokan Chi Kuadrat Distribusi Log Pearson Tipe III.....	55
Tabel 4.26. Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorov Distribusi Log Pearson Tipe III .....	55
Tabel 4.27. Rekapitulasi Uji Kecocokan .....	56
Tabel 4.28. Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Log Pearson Tipe III.....	57
Tabel 4.29. Nilai Koefisien Pengaliran (C) yang Digunakan .....	58
Tabel 4.30. Curah Hujan Efektif Periode Ulang.....	61
Tabel 4.31. Perhitungan Curah Hujan Efektif Jam-Jam an .....	61
Tabel 4.32. Hidrograf Banjir Periode Ulang 10 Tahun .....	62

# **BAB I**

## **PENDAHULULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Kali Gunting adalah salah satu sungai yang melintasi wilayah Kabupaten Jombang. Berhulu di Gunung Argo Wayang dan bermuara di Kali Ngotok Ring Kanal di Desa Kendal Sari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang.

Secara geografis, wilayah tersebut merupakan tanah pegunungan dengan kemiringan lahan lebih dari 15-40 %. Kondisi tersebut mempengaruhi pematusan (drainase) air hujan melalui system sungai yang ada. Kali Gunting merupakan salah satu system drainase utama yang ada di wilayah Kabupaten Jombang.

Pada saat musim penghujan sering terjadi banjir di sekitar hilir Kali Gunting. Daerah yang sering menjadi langganan banjir akibat luapan Kali Gunting diantaranya Desa Curah Malang dan Desa Sumobito Kecamatan Sumobito, serta Desa Kademangan Kecamatan Mojoagung. Hal ini menimbulkan banyak masalah bagi masyarakat sekitar hilir Kali Gunting, sehingga diperlukan adanya penanggulangan terhadap banjir tersebut.



Gambar 1.1 Banjir di Desa Curah Malang  
(Sumber: Berita Jatim, 2017)

Guna mengurangi banjir pada Kali Gunting diperlukan adanya analisa agar didapat system penanggulangan yang baik, dan nantinya bisa dilakukan tindakan yang tepat untuk menanggulangi permasalahan tersebut.

### **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka disusun rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa luas daerah aliran sungai (DAS) Kali Gunting ?
2. Berapa debit banjir Kali Gunting ?
3. Bagaimana kapasitas penampang eksisting Kali Gunting ?
4. Tindakan apa yang perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan banjir Kali Gunting ?

### **1.3 Tujuan**

Adapun tujuan dari tugas akhir ini meliputi:

1. Menghitung luas daerah aliran sungai (DAS) Kali Gunting.
2. Menghitung debit banjir yang terjadi pada Kali Gunting.
3. Mengevaluasi kapasitas penampang eksisting Kali Gunting.
4. Mengetahui tindakan yang perlu dilakukan untuk mengatasi banjir di Kali Gunting.

### **1.4 Batasan Masalah**

Pada tugas akhir ini memiliki beberapa batasan permasalahan yang tidak akan dibahas antara lain:

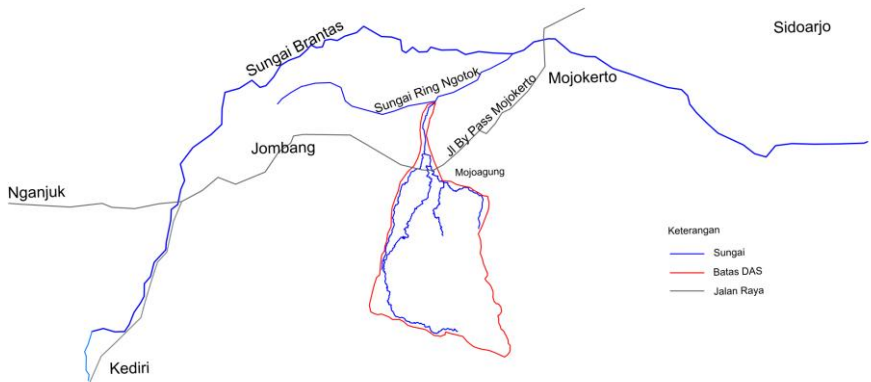
1. Tidak menghitung sedimentasi.
2. Tidak menghitung limbah rumah tangga.
3. Tidak menghitung mengenai analisa ekonomi dan biaya.

### **1.5 Manfaat**

Manfaat dari tugas akhir ini adalah dapat mengetahui tindakan apa yang harus dilakukan agar banjir yang terjadi di Kali Gunting dapat dikurangi.

## 1.6 Lokasi

Lokasi Kali Gunting adalah pada daerah Kabupaten Jombang dan daerah Kabupaten Kediri (bagian hulu), berhulu pada daerah Kabupaten Kediri dan bermuara di Kali Ngotok Ring Kanal di Kabupaten Jombang.



Gambar 1.2 Peta Lokasi Studi

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Analisa Hidrologi**

Pada perhitungan analisa hidrologi meliputi data curah hujan dan perhitungan debit. Dari data yang ada akan digunakan akan untuk perencanaan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Penentuan debit banjir harus proposional sehingga dapat memperhitungkan ukuran bangunan dalam menampung besarnya debit rencana yang ada serta sesuai dengan pertimbangan ekonomi.

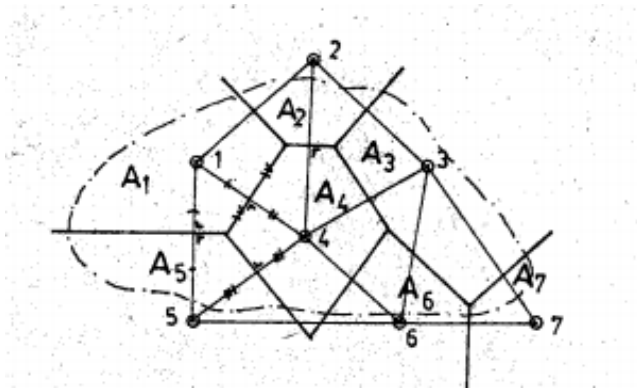
##### **2.1.1 Analisa Curah Hujan Rata-rata**

Curah hujan yang diperlukan untuk perencanaan saluran drainase adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang ditinjau. Curah hujan wilayah diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Ada beberapa cara untuk menghitung curah hujan rata-rata, yaitu :

- Metode aritmatik (Mean Arithmatik Method)
- Metode Poligon Thiessen
- Metode Isohyet
- Intrsection Line Method

Dalam tugas akhir ini, digunakan cara Thiessen untuk memperhitungkan hujan rata – rata. Cara Thiessen ialah cara yang memperhitungkan luas daerah yang diwakili oleh stasiun yang bersangkutan (luas daerah pengaruh) untuk digunakan sebagai faktor dalam menghitung hujan rata – rata. Menurut Thiessen, luas daerah pengaruh dari setiap stasiun ditentukan dengan cara:

1. Hubungkan masing – masing stasiun dengan garis lurus sehingga terbentuk poligon segitiga.
2. Tarik sumbu – sumbu dari poligon segitiga.
3. Perpotongan dari sumbu – sumbu akan membentuk luasan daerah pengaruh dari tiap – tiap stasiun.



Gambar 2.1 Contoh Gambar Poligon Thiessen  
*Sumber: C.D Soemarto, Hidrologi Teknik*

Luas daerah pengaruh masing – masing stasiun dibagi dengan luas daerah aliran disebut sebagai koefisien Thiessen masing – masing stasiun. Persamaan cara Thiessen adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

dimana :

- $\bar{R}$  = Curah hujan rata – rata
- $R_1, R_2, \dots, R_n$  = Curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik – titik pengamatan.
- $A_1, A_2, \dots, A_n$  = Bagian daerah yang mewakili tiap titik

### 2.1.2 Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi adalah analisa tentang pengulangan suatu kejadian untuk memperkirakan atau memilih distribusi probabilitas yang akan dipakai, dilakukan perhitungan analisa



terlebih dahulu pada data yang ada. Parameter statistic yang dimiliki data adalah  $X$ ,  $S$ ,  $Cs$ ,  $Ck$ , dan  $Cv$ . Berdasarkan hasil perhitungan parameter  $Cs$  dan  $Ck$  maka dipilih persamaan distribusi sebagai perbandingan.

Setiap jeis distribusi mempunyai parameter statistik yang terdiri dari nilai rata-rata ( $\bar{x}$ ), standar deviasi ( $\sigma = S$ ), koefisien variasi ( $Cv$ ), dan koefisien ketajaman ( $Ck$ ) yang masing-masing dicari berdasarkan rumus :

- Nilai rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum X}{n} \quad (2.2)$$

- Standar Deviasi

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

- *Coefficient of variation* (koefisien variasi)

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2.4)$$

- *Coefficient of skewness* (Koefisien kemencengan)

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2.5)$$

- *Coefficient of Kurtosis* (Koefisien ketajaman)

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (2.6)$$

Dimana :

$S$  = Standar deviasi

$X$  = data dalam sampel

$\bar{X}$  = nilai rata-rata hitung

$n$  = jumlah pengamatan

$Cv$  = *Coefficient of variation* (koefisien variasi)

$Cs$  = *Coefficient of skewness* (koefisien kemencengan)

$Ck$  = *Coefficient of kurtosis* (koefisien ketajaman)

Rangklaian data hidrologi yang merupakan variable kontinyu dapat digambarkan dalam suatu persamaan distribusi peluang. Model matematik distribusi peluang yang umum digunakan adalah :

- Distirbusi normal

- Distribusi Gumbel
- Distribusi Pearson Tipe III
  - Distribusi Gumbel Tipe I
  - Distribusi Gumbel Tipe III
- Distribusi Log-Pearson Tipe III
- Distribusi Frechet
- Distribusi Log-Normal
  - Distribusi Log-Normal Dua Parameter
  - Distribusi Log-Normal Tiga Parameter

Adapun parameter statistik dari masing-masing distribusi adalah :

- Distribusi Gumbel Tipe I, harga  $C_s = 1,139$  dan  $C_k = 5,402$
- Distribusi Pearson Tipe III, harga  $C_s$  dan  $C_k$  yang fleksibel
- Distribusi normal mempunyai harga  $C_s = 0$  dan  $C_k = 3$
- Distribusi Log-Normal, harga  $C_s > 0$  dan  $C_k > 0$
- Distribusi Log-Normal Tipe III, harga  $C_s$  antara  $0 - 0,9$

Dalam pemilihan satu fungsi distribusi dibutuhkan ketelitian karena satu rangkaian tidak terlalu cocok dengan sifat sebaran. Kesalahan pemilihan sebaran dapat berakibat kerugian jika perkiraan mulai desain terlalu besar atau terlalu kecil.

### 2.1.3 Analisa Curah Hujan Maksimum Rencana

Dalam perencanaan suatu bangunan air diperlukan tinggi hujan rencana sebagai dasar penentuan dimensi bangunan. Hal ini dilakukan karena hujan akan menyebabkan aliran permukaan yang nantinya akan melewati bangunan yang direncanakan. Hujan yang akan dicapai sebagai dasar perencanaan bangunan tersebut adalah tinggi hujan rencana.

Besarnya tinggi hujan rencana tergantung dari kegunaan bangunan serta bahaya yang ditimbulkan suatu bangunan air. Rangkaian data hidrologi yang merupakan variable kontinyu dapat digambarkan dalam suatu persamaan distribusi peluang.

Model matematik distribusi peluang yang umum digunakan adalah :

### 1. Metode Gumbel

Hujan rencana dengan periode ulang tertentu ditentukan dengan menggunakan metode Gumbel. Rumus yang dipakai adalah :

$$R_T = R_r + K \cdot S_x \quad (2.7)$$

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \quad (2.8)$$

$$Y_T = -\ln[\ln\{T_r / (T_r - 1)\}] \quad (2.9)$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (R_i - R_r)^2}{n-1}} \quad (2.10)$$

Dimana :

$R_T$  = curah hujan rencana dengan periode ulang  $T$  ta(mm)

$R_r$  = curah hujan rata-rata hasil pengamatan  $n$  tahun di lapangan (mm)

$K$  = frekuensi factor

$S_x$  = standar deviasi dari hasil pengamatan selama  $n$  tahun

$Y_T$  = reduced variate

$Y_n$  = reduce mean

$S_n$  = reduce standar deviasi

$R_i$  = besarnya curah hujan pada pengamatan ke  $i$

$n$  = jumlah pengamatan

Tr (tahun)	Reduced Variate	Tr (tahun)	Reduced Variate	Tr (tahun)	Reduced Variate
2	0,36651	100	4,60015	5000	8,51709
5	1,99400	200	5,29561	10000	9,21029
10	2,25037	500	6,21361	20000	9,90346
20	2,97019	1000	6,90726	50000	10,81977
50	3,90194	2000	7,60065	100000	11,5192

Tabel 2.1 Reduced Variate sebagai fungsi waktu balik

Sumber : C.D. Soemarto, Hidrologi Teknik

Tabel 2.2 Hubungan *Reduced Mean* ( $Y_n$ ), *Reduced Standar Deviation* ( $S_n$ ), dengan besarnya sampel

n	$Y_n$	$S_n$	n	$Y_n$	$S_n$	n	$Y_n$	$S_n$
10	0,4952	0,9496	33	0,5388	1,1226	56	0,5508	1,1696
11	0,4996	0,9676	34	0,5396	1,1255	57	0,5511	1,1708
12	0,5035	0,9833	35	0,5402	1,1129	58	0,5515	1,1721
13	0,5070	0,9971	36	0,5410	1,1313	59	0,5518	1,1734
14	0,5100	1,0095	37	0,5418	1,1339	60	0,5521	1,1747
15	0,5128	1,0206	38	0,5424	1,1363	61	0,5524	1,1759
16	0,5157	1,0316	39	0,5430	1,1388	62	0,5527	1,1770
17	0,5181	1,0411	40	0,5436	1,1413	63	0,5530	1,1782
18	0,5202	1,0493	41	0,5422	1,1436	64	0,5533	1,1793
19	0,5220	1,0565	42	0,5448	1,1458	65	0,5535	1,1803
20	0,5236	1,0628	43	0,5453	1,1480	66	0,5538	1,1814
21	0,5252	1,0696	44	0,5458	1,1499	67	0,5540	1,1824
22	0,5268	1,0754	45	0,5463	1,1519	68	0,5543	1,1834
23	0,5283	1,0811	46	0,5468	1,1538	69	0,5545	1,1844
24	0,5296	1,0864	47	0,5473	1,1557	70	0,5548	1,1854
25	0,5309	1,0915	48	0,5477	1,1574	71	0,5550	1,1854
26	0,5320	1,0861	49	0,5481	1,1590	72	0,5552	1,1873
27	0,5332	1,1004	50	0,5485	1,1607	73	0,5555	1,1881
28	0,5343	1,1047	51	0,5489	1,1623	74	0,5557	1,1890
29	0,5353	1,1086	52	0,5493	1,1638	75	0,5559	1,1898
30	0,5362	1,1124	53	0,5497	1,1658	76	0,5561	1,1906
31	0,5371	1,1159	54	0,5501	1,1667	77	0,5563	1,1915

32	0,5380	1,1193	55	0,5504	1,1681	78	0,5565	1,1923
----	--------	--------	----	--------	--------	----	--------	--------

Sumber : C.D. Soemarto, Hidrologi Teknik

## 2. Metode Log-Pearson Type III

Metode ini didasarkan pada perubahan data yang ada ke dalam bentuk logaritma sesuai dengan anjuran *The Hidrology Community of The Water Council*, maka untuk pemakaian praktis dari data yang ada, pertama mengubah data tersebut ke dalam logaritma nya kemudian dihitung parameter statistic nya.

Langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut :

- Menyusun data curah hujan (R) mulai dari harga terbesar sampai terkecil
- Mengubah sejumlah N data curah hujan ke dalam bentuk logaritma, sehingga menjadi log R1, log R2, ..., log Rn. Selanjutnya dinyatakan  $X_i = \log R_i$
- Menghitung besarnya harga rata-rata besaran logaritma tersebut menurut persamaan :

$$\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} \quad (2.11)$$

- Menghitung besarnya, harga deviasi rata-rata dari besaran logaritma tersebut, menurut persamaan :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.12)$$

- Menghitung harga Cs dari besaran logaritma diatas, menurut persamaan :

$$Cs = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum (X_i - \bar{X})^3}{Sd^3} \quad (2.13)$$

- Berdasarkan harga Cs yang diperoleh dan harga periode ulang (T) yang ditentukan, menghitung nilai Kx dengan menggunakan table.

Tabel 2.2 Nilai k untuk Distribusi Log Pearson Tipe III

Kemencengan (CS)	Periode Ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	Peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0,5	0,1
3,0	-0,360	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970	7,250
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652	6,600
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,444	6,200
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298	5,910
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147	5,660
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990	5,390
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828	5,110
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661	4,820
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489	4,540
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401	4,395
0,8	-0,132	0,780	1,336	1,998	2,453	2,891	3,312	4,250
0,7	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223	4,105
0,6	0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132	3,960
0,5	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041	3,815
0,4	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949	3,670
0,3	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856	3,525
0,2	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763	3,380
0,1	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670	3,235
0,0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,054	2,326	2,576	3,090
-0,1	0,017	0,836	1,270	1,761	2,000	2,252	2,482	3,950
-0,2	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388	2,810
-0,3	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294	2,675
-0,4	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201	2,540
-0,5	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108	2,400
-0,6	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016	2,275
-0,7	0,116	0,857	1,183	1,488	1,663	1,806	1,926	2,150
-0,8	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733	1,837	2,035
-0,9	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749	1,910
-1,0	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588	1,664	1,800
-1,2	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501	1,625
-1,4	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318	1,351	1,465
-1,6	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197	1,216	1,280
-1,8	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097	1,130
-2,0	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990	1,995	1,000
-2,2	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905	0,907	0,910
-2,5	0,360	0,711	0,771	0,793	0,798	0,799	0,800	0,802
-3,0	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667	0,668

Sumber (Suripin, 2004)

- g. Menghitung besarnya harga logaritma dari masing-masing data curah hujan untuk suatu periode ulang tertentu dengan menggunakan persamaan :

$$X_t = \bar{X} - K_X \cdot S_d \quad (2.14)$$

Jadi, perkiraan harga hujan harian maksimum untuk periode ulang T adalah  $R_t = \text{antilog } X_t$  atau  $R_t = 10^{X_t}$

#### 2.1.4 Uji Kecocokan Sebaran

Pengujian parameter diperlukan untuk menemukan kecocokan distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang mewakili distribusi frekuensi tersebut. Metode uji kecocokan yang dipakai dalam Tugas Akhir ini adalah Uji Chi Square.

##### Uji Chi-Square

Uji Chi-Square dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan disitribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistic sampel data yang dianalisa.pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $X^2$ oleh Karena itu disebut Uji Chi Square.

$$X_h^2 = \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (2.15)$$

Keterangan :

$X_h^2$  = parameter chi-square terhitung

G = jumlah sub-bab kelompok

$O_i$  = jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i

$E_i$  = jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Prosedur Uji Chi-Square adalah :

- Urutkan data pengamatan dari terbesar-terkecil
- Kelompokkan menjadi G sub-grup, tiap sub grup minimal 4 data pengamatan



- c. Jumlahkan data pengamatan sebesar  $O_i$  tiap sub grup
- d. Jumlahkan datya dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar  $E_i$
- e. Tiap-tiap sub grup hitung nilai  $(O_i - E_i)$  dan  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- f. Jumlah seluruh G sub hrup nilai  $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$  untuk menentukan nilai chi-square
- g. Tentukan derajat kebebasan  $dk = G - R - 1$  (nilai  $R=2$ , untuk distribusi normal dan binominal, dan nilai  $R = 1$ , untuk distribusi Poisson)

Interpretasi hasilnya adalah :

- a. Jika peluang lebih besar dari 5%, maka persamaan distribusi teoritis dapat diterima
- b. Jika peluang lebihj kecil dari 1%, maka persamaan distribusi teoritis yang digunakn tidak dapat diterima
- c. Jika peluang diantara 1% - 5%, adalah tidak mungkin mengambil keputusan, missal perlu menambah data

## 2.1. Debit Banjir Rencana

Perhitungan debit rencana sangat diperlukan untuk memperkirakan besarnya debit hujan maksimum yang sangat mungkin pada periode tertentu. Metode yang digunakan dalam perhitungan debit rencana pada tugas akhir ialah metode hidrograf satuan.

Hidrograf dapat digambarkan sebagai penyajian grafis antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Hidrograf satuan suatu DAS adalah suatu limpasan langsung yang diakibatkan oleh satu satuan volume hujan yang efektif yang terbagi rata dalam waktu dan ruang.

Metode Hidrograf sering digunakan untuk menghitung besarnya debit rencana pada saluran yang memiliki luas daerah aliran sungai cukup besar.

Perhitungan hidrograf memerlukan nilai koefisien pengaliran, perhitungan distribusi hujan tiap jam dan parameter – parameter hidrograf yang akan digunakan.

### 2.2.1 Distribusi Curah Hujan

Pembagian curah hujan tiap jam dihitung dengan metode Rasional dengan asumsi awal tinggi hujan rencana terjadi pada periode ulang 6 jam. Perumusannya :

$$R_t = R_o \left( \frac{6}{t} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2.16)$$

$$R_{24} = f \cdot R_x \quad (2.17)$$

Dimana :  $R_t$  = hujan rata-rata sampai jam ke t

$R_{24}$  = hujan efektif selama 24 jam

$R_x$  = hujan rata-rata rencana dalam daerah pengaliran

Sedangkan perhitungan hujan rencana ada jam ke-t adalah :

$$R_T = t \cdot R_1 - (t - 1) \cdot R_{(t-1)} \quad (2.18)$$

Dimana :  $R_T$  = curah hujan pada jam ke – t

### 2.2.2 Perhitungan Hidrograf

Dalam analisa unit hidrograf digunakan metode *Nakayasu* dengan contoh perhitungan berikut :

$$tp = Ct \times L \times Lc^{0,3} \quad (2.19)$$

$$te = \frac{tp}{5,5} \quad (2.20)$$

$$te < tr \rightarrow tp = tp + 0,5 tr \quad (2.21)$$

$$qp = \frac{Q}{(1,33 \times tp)} \quad (2.22)$$

dimana :

- $C_t$  = 1,4 sampai 1,7  
 $t_r$  = 1 jam  
 $t_p$  = waktu banjir puncak  
 $L$  = jarak tegak lurus dari titik berat catchment area ke saluran ditambah jarak dari titi tersebut sampai ke hilir saluran  
 $Q$  = debit banjir

### 2.2.3 Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran adalah perbandingan antara air yang mengalir di permukaan tanah dengan air hujan yang jatuh, maka koefisien pengaliran bergantung pada jenis permukaan tanah dan tata guna lahan daerah tinjauan. Untuk tata guna lahan yang bervariasi dapat ditentukan dengan rumus :

$$C_{gab} = \frac{C_1 x A_1 + C_2 x A_2 + \dots + C_n x A_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2.23)$$

Tabel 2. 3 Harga Koefisien Pengaliran (C)

Komponen lahan	Koefisien C (%)
Jalan :	
• Aspal	70 – 95
• Beton	80 – 95
• Bata/paving	70 – 85
Atap	75 – 95
Lahan berumput	
• Tanah berpasir	
- Landai (2%)	5 – 10
- Curam (7%)	15 – 20
• Tanah berat	

- Landai (2%)	13 – 17
- Curam (7%)	25 – 35
Untuk Amerika Utara, harga C secara keseluruhan :	
Daerah perdagangan :	
• Penting, padat	70 – 95
• Kurang padat	50 – 70
Area pemukiman	
• Perumahan tunggal	
• Perumahan kopel berjauhan	40 – 60
• Perumahan kopel berdekatan	60 – 75
• Perumahan pinggir kota	25 – 40
• apartemen	50 – 70
Area Industri	
• ringan	50 – 80
• berat	60 – 90
Taman dan makam	10 – 25
Taman bermain	20 – 35
Lahan kosong/terlantar	10 – 30

*Sumber : Nadjadji Anwar, Rekayasa Sumber Daya Air*

#### 2.2.4 Daerah Pematusan (Catchment Area)

Daerah pematusan merupakan daerah tangkapan air yang dalam perencanaannya nanti disesuaikan dengan kondisi lapangan dan diusahakan tanpa mengubah secara keseluruhan. Hal yang harus diperhatikan dalam penentuan daerah pematusan adalah :

- Tata guna lahan saat ini dan yang akan datang
- Karakteristik tanah dan bangunan di atasnya
- Elevasi permukaan tanah

### 2.2.5 Periode Ulang

Pada dasarnya hujan rencana dipilih berdasarkan pada pertimbangan nilai urgensi dan nilai social ekonomi suatu daerah yang ditinjau. Untuk daerah pemukiman umumnya dipilih periode ulang 5-15 tahun. Sedangkan pada daerah komersial dan padat dengan tingkat ekonomi yang tinggi dapat diambil periode ulang 10-50 tahun.

Tabel 2.4 Periode Ulang Hujan

No	Distribusi	PUH
1	Saluran Mikro Pada Daerah	
	Lahan rumah, taman, kebun, kuburan, lahan tak terbangun	2
	Kesibukan dan perkantoran	5
	Perindustrian	
	Ringan	5
	Menengah	10
	Berat	25
	Super berat/proteksi negara	50
2	Saluran Tersier	
	Resiko Kecil	2
	Resiko Besar	5
3	Saluran Sekunder	
	Tanpa Resiko	2
	Resiko Kecil	5
	Resiko Besar	10
4	Saluran Primer (Induk)	
	Resiko Kecil	10
	Resiko Besar	25
	Atau :	

	Luas DAS (25-50) Ha	5
	Luas DAS (50-100) Ha	(5-10)
	Luas DAS (100-1300) Ha	(10-25)
	Luas DAS (1300-6500) Ha	(25-50)
5	Pengendali Banjir Makro	100
6	Gorong-gorong	
	Jalan Raya Biasa	10
	Jalan By Pass	25
	Jalan Ways	50
7	Saluran Tepian	
	Jalan Raya Biasa	(5-10)
	Jalan By Pass	(10-25)
	Jalan Ways	(25-50)

*Sumber* : Suripin, Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan

## 2.3 Analisa Hidrolika

### 2.3.1 Kapasitas Saluran.

Kapasitas saluran dapat didefinisikan sebagai debit maksimum yang dapat ditampung oleh setiap penampang sepanjang saluran. Kapasitas saluran ini digunakan sebagai acuan untuk perencanaan saluran agar mampu menampung debit tanpa luapan air.

Kapasitas saluran dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}} A$$

Dimana :

- Q = debit saluran (m<sup>3</sup>/dt)
- n = koefisien kekasaran manning
- R = jari-jari hidrolis (m)
- I = kemiringan energi
- A = luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

Tabel 2.5 Koefisien kekasaran manning (n)

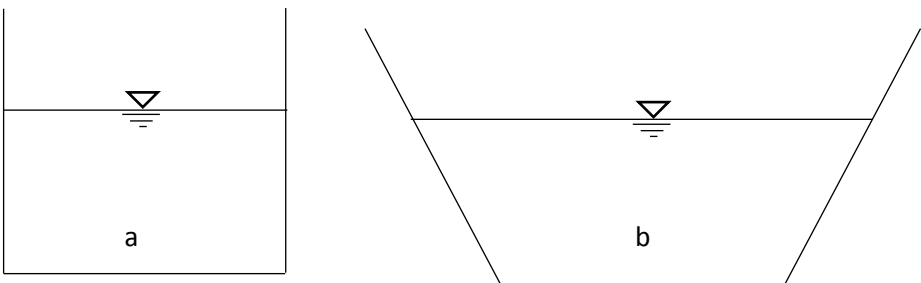
<b>Tipe Saluran</b>	<b>n</b>
Saluran dari pasangan batu tanpa plengsengan	0,025
Saluran dari pasangan batu dengan plengsengan	0,015
Saluran dari beton	0,017
Saluran alam dengan rumput	0,020
Saluran dari batu	0,025

*Sumber :* Ven Te Chow, Hidrolika Saluran Terbuka

Jenis dan bentuk saluran disesuaikan dengan keadaan lingkungan setempat. Bentuk dan jenis saluran yang sering digunakan adalah :

- Saluran tertutup  
Saluran jenis ini digunakan pada daerah yang kepadatan penduduk nya tinggi sehingga ruang nya terbatas, misal pada padat pemukiman, dan jalan-jalan protokol
- Saluran terbuka  
Saluran terbuka terdiri dari dua bentuk dengan karakteristik dan rumus hidrolika yang berbeda, saluran berbetuk segi empat dan trapezium.

Gambar 2.6 Penampang saluran (a) persegi (b) trapezium



*Sumber :* Ven Te Chow, Hidrolika Saluran Terbuka

Tabel 2.6 Rumus hidrolika saluran

Rumus	Penampang	
	Segiempat	Trapeسيوم
Luas (A)	$b \cdot y$	$(b + zy) \cdot y$
Keliling Basah (P)	$b + 2 \cdot y$	$b + 2 \cdot y \sqrt{1 + z^2}$
Jari-jari Hidrolik (R)	$\frac{b \cdot y}{b + 2 \cdot y}$	$\frac{(b + zy) \cdot y}{b + 2 \cdot y \sqrt{1 + z^2}}$
Lebar Permukaan Air (T)	$b$	$b + 2 \cdot y$
Kedalaman Hidrolik (D)	$y$	$\frac{(b + zy) \cdot y}{b + 2 \cdot z \cdot y}$

*Sumber* : Ven Te Chow, Hidrolika Saluran Terbuka

Tabel 2.7 Tinggi Jagaan

Q (m <sup>3</sup> /dt)	Tinggi Jagaan (m)
< 0,5	0,4
0,5 – 1,5	0,5
1,5 – 5,0	0,6
5,0 – 10	0,75
10 – 15	0,85
>15	1,00



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1 Tahap Persiapan**

Dalam tahap persiapan meliputi 3 hal yaitu survey pendahuluan, studi pustaka dan pengumpulan data.

#### **3.1.1 Survey Pendahuluan**

Survey pendahuluan dilakukan untuk melihat dan mengamati secara langsung kondisi lokasi dan eksisting sungai.

#### **3.1.2 Studi Pustaka**

Melakukan studi pustaka untuk memperoleh informasi tentang objek studi yang relevan dengan permasalahan yang sedang diidentifikasi. Informasi tersebut diperoleh dari buku-buku ilmiah, laporan-laporan, peraturan-peraturan, dan lain sebagainya.

#### **3.1.3 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Data yang digunakan dalam penulisan merupakan data sekunder. Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung berupa catatan maupun hasil penelitian ataupun olahan dari pihak lain. Adapun data-data tersebut meliputi:

1. Denah kawasan DAS Kali Gunting.
2. Data Hujan dari stasiun hujan di Jombang.
3. Data pengukuran penampang Kali Gunting.

### **3.2 Analisa Data dan Proses Perhitungan**

Setelah melakukan tahap persiapan selanjutnya analisa data/proses perhitungan yang meliputi:

- a. Anilisa hidrologi
  - Menentukan stasiun hujan yang berpengaruh

- Menentukan hujan daerah dengan poligon Thiessen
- Menentukan frekuensi dan probabilitas yang digunakan untuk menghitung tinggi hujan rencana periode ulang berdasarkan distribusi statistik yang sesuai
- Uji kesesuaian distribusi frekuensi dengan uji Chi – Kuadrat (*chi-square*) dan uji Smirnov Kolmogorov
- Perhitungan hujan rencana periode ulang berdasarkan distribusi yang lolos uji kecocokan
- Perhitungan waktu konsentrasi
- Perhitungan intensitas hujan rencana dengan menggunakan rumus Mononobe
- Perhitungan koefisien pengaliran
- Perhitungan debit banjir. Perhitungan ini akan dijadikan acuan untuk mengevaluasi dimensi saluran.

b. Analisa Hidrolika

- Analisa kapasitas penampang Kali Gunting berdasarkan debit banjir limpasan dengan menggunakan program bantu Hec – Ras.
- Melakukan normalisasi apabila kapasitas penampang eksisting Kali Gunting tidak memadai.

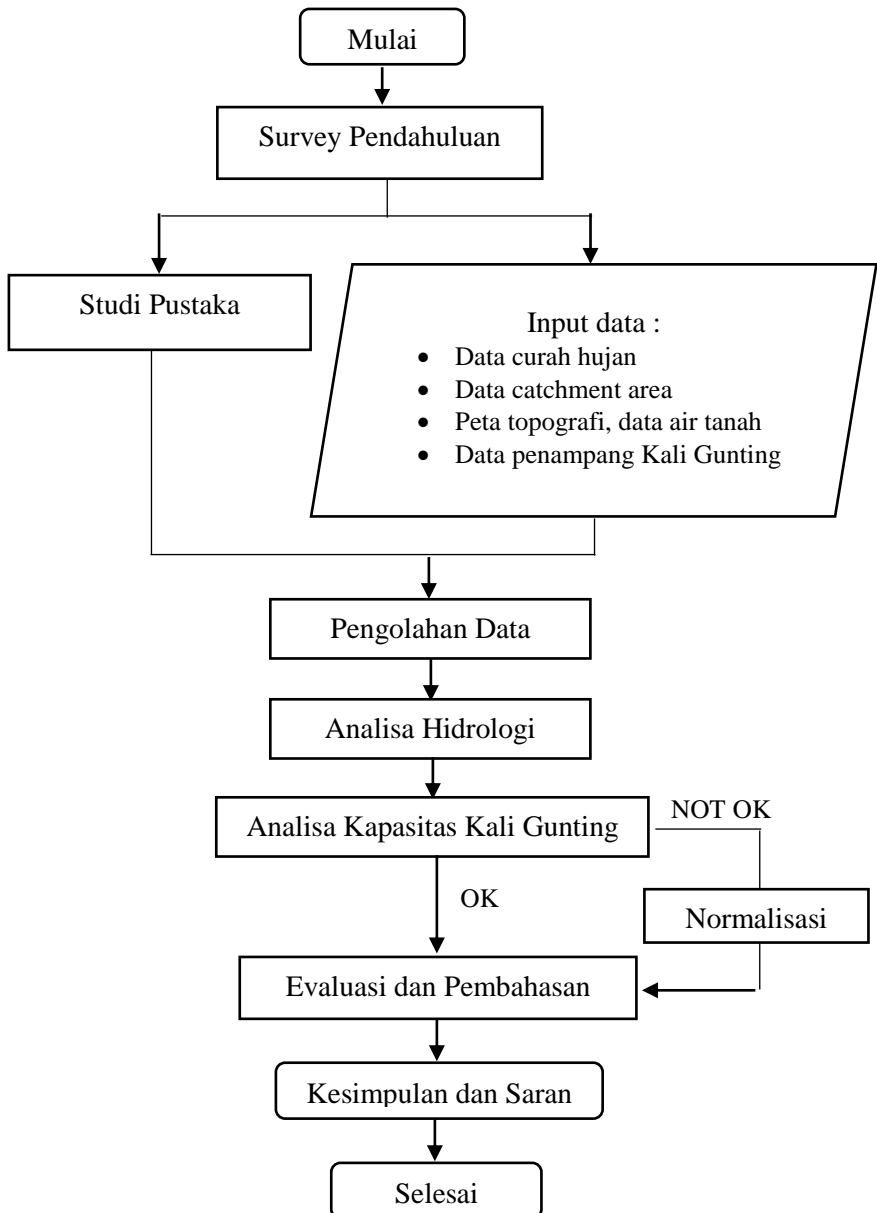
### 3.3 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran merupakan hasil dari analisa dan jawaban akan permasalahan yang ada di Kali Gunting.

### 3.4 Diagram Alir Tahap-Tahap Pengerjaan Tugas Akhir

Adapun tahapan pengerjaan tugas akhir sebagai berikut.

Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

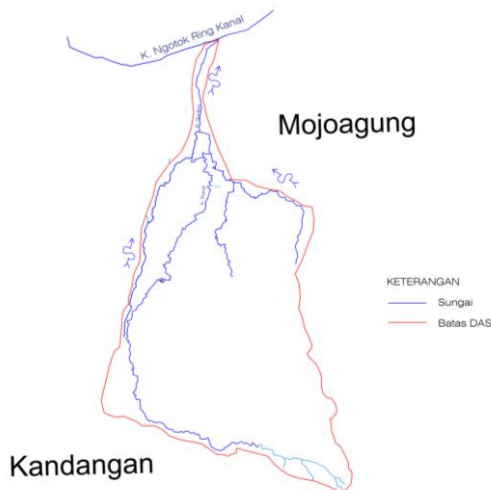
## **BAB IV**

### **ANALISA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Perhitungan Luas DAS Kali Gunting**

Luas DAS (*catchment area*) ialah besarnya luasan daerah yang berperan dalam mengalirkan air limpasan menuju suatu sistem sungai. Luas DAS sangat berpengaruh dalam perhitungan debit hidrologi. Dalam perhitungan luasan total DAS Gunting, dilakukan pembagian DAS dari masing – masing saluran yang menuju Kali Gunting. Pembagian ini dilakukan untuk memudahkan perhitungan luasan total DAS Kali Gunting. Perhitungan Luas DAS dari masing – masing saluran yang menuju Kali Gunting dapat dilihat pada tabel 4.1.

Dari perhitungan dapat diketahui bahwa Kali Gunting memiliki luas total DAS sebesar  $\pm 240,255 \text{ Km}^2$ . Luas total DAS Kali Gunting dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1 Luas Total DAS Kali Gunting

Kali Gunting memiliki panjang sekitar  $\pm 32.2$  Km dengan hulu sungai yang berada di Gunung Argo Wayang daerah Kabupaten Kediri dan bermuara di Kali Ngotok Ring Kanal di Desa Kendal Sari Kecamatan Sumobito Kabupaten Jombang.

#### **4.2 Analisa Hidrologi**

Analisa Hidrologi dilakukan untuk mengetahui karakteristik hidrologi di wilayah DAS Kali Gunting. Hasil yang diperoleh dari analisa hidrologi ini ialah besarnya debit banjir rencana untuk perencanaan saluran. Data yang digunakan untuk menentukan besarnya debit rencana diperoleh dari data hujan di berbagai stasiun hujan yang terdapat di Kabupaten Jombang.

#### **4.3 Analisa Hujan**

Tahapan yang harus dilakukan dalam analisa hujan ialah perhitungan distribusi hujan, uji kecocokan distribusi, dan perhitungan hujan rencana. Dalam pelaksanaan analisa hujan, langkah pertama yang dilakukan ialah mengolah data hujan dari stasiun – stasiun hujan di Kabupaten Jombang yang berpengaruh terhadap DAS Kali Gunting. Terdapat 39 stasiun pengamatan hujan yang tersebar di wilayah Kabupaten Jombang. Berikut ini data stasiun hujan di Kabupaten Jombang:

Tabel 4.1. Data stasiun hujan di Kabupaten Jombang

NO. URUT	NAMA POS	NO POS	DESA	KECAMATAN
1	2	3	4	5
1	Blimbing	41	Blimbing	Gudo
2	Cukir	36	Kayangan	Diwek
3	PG.Cukir	35	Cukir	Diwek
4	Ceweng	33	Ceweng	Diwek
5	Jombang	32	Denanyar	Jombang
6	PG.Jombang Baru	31	Pulolol	Jombang
7	Keplabsari	39	Keplabsari	Peterongan
8	Perak	35	Perak	Perak
9	Tanggungan	34	Tanggungan	Gudo
10	Kedung	30	Kedungrejo	Megaluh
11	Tapen	26	Tapen	Kudu
12	Kabuh	20	Kabuh	Kabuh
13	Tanjung	27	Tanjungwadung	Kabuh
14	Ploso	28	Rejoagung	Ploso
15	Waduk Sempol	Sby/xx	Karangpakis	Kabuh
16	Waduk Mangunan	Sby/xx	Mangunan	Kabuh
17	Cangkan	Sby/xx	Sidowarek	Ngoro
18	Mojoagung	67	Mojotrisno	Mojoagung
19	Selorejo	68	Selorejo	Mojowarno
20	Sumobito	65	Sumobito	Sumobito
21	Balongsongo	65a	Talunkidul	Sumobito
22	Tenggor	65c	Madyopuro	Sumobito
23	Jombok	65d	Jombok	Kesamben
24	Penanggalan	67a	Dukuhdimoro	Mojoagung
25	Peterongan	66	Peterongan	Peterongan
26	Sumber Penganten	37	Jogoroto	Jogoroto
27	Mojowarno	69	Mojowangi	Mojowarno
28	Bareng	72	Bareng	Bareng
29	Wonosalam	79	Wonosalam	Wonosalam
30	Rejoagung	73	Rejoagung	Ngoro
31	Ponen	29	Pulogedang	Tembelang
32	Kesamben	64	Kesamben	Kesamben
33	Jatisari	24	Jatiwates	Tembelang
34	Sentulan	66a	Bongkot	Peterongan
35	Krandegan	65b	Kedungmlati	Kesamben
36	Kedungboto	66b	Kedungotok	Tembelang
37	Sapon	64b	Jombatan	Kesamben
38	Wuluh	64a	Wuluh	Kesamben
39	Damarwulan	125	Damarwulan	Kandangan

*Sumber: Dinas Pengairan Kabupaten Jombang*

Dari 39 stasiun pengamatan hujan yang terdapat di Kabupaten Jombang perlu dilakukan analisa untuk menentukan stasiun pengamatan hujan mana saja yang berpengaruh terhadap perhitungan hujan daerah di wilayah DAS Kali Gunting.

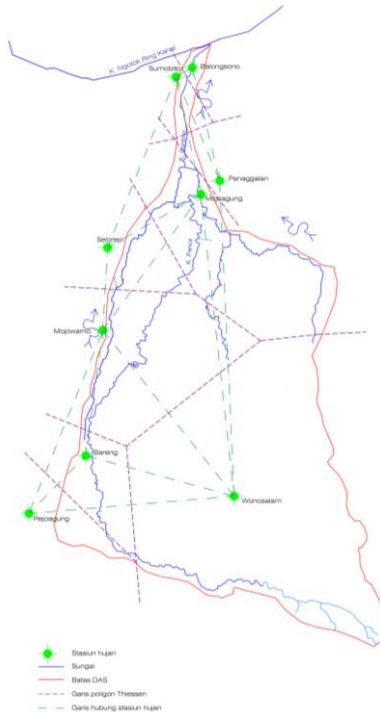
Pada Tugas Akhir ini digunakan metode poligon Thiessen untuk menentukan stasiun hujan mana saja yang berpengaruh sekaligus untuk memperoleh besaran luasan pengaruh dari tiap stasiun hujan. Metode Thiessen memperhitungkan koefisien Thiessen yang merupakan perbandingan antara luas daerah



pengaruh satu stasiun hujan dengan luas DAS keseluruhan.

#### 4.4 Perhitungan Distribusi Hujan

Terdapat sembilan stasiun hujan (SH) yang dijadikan acuan untuk melaksanakan metode Thiessen. Sembilan stasiun hujan ini dipilih karena letaknya yang berdekatan dengan wilayah DAS Kali Gunting. Kesembilan stasiun hujan ini ialah SH Mojoagung, SH Selorejo, SH Sumobito, SH Balongsono, SH Penanggalan, SH Mojowarno, SH Bareng, SH Wonosalam, dan SH Rejoagung. Pelaksanaan metode Thiessen dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Poligon Thiessen pada Wilayah DAS Kali Gunting

Berdasarkan poligon Thiessen pada gambar 4.2, besarnya luas yang dipengaruhi beserta koefisien Thiessen (W) dari masing – masing stasiun hujan dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.2 Luas Daerah Pengaruh dan Koefisien Thiessen Stasiun Hujan

No	Nama Stasiun Hujan	Luas daerah yang diwakili stasiun (Km <sup>2</sup> )	Koefisien Thiessen (W)
1	SH Balonsono	1.611	0.0067
2	SH Sumobito	2.334	0.0097
3	SH Penanggalan	1,103	0.0046
4	SH Mojoagung	40.569	0.1689
5	SH Selorejo	9.630	0.0401
6	SH Mojowarno	46.535	0.1937
7	SH Bareng	13.985	0.0582
8	SH Rejoagung	5.292	0.0220
9	SH Woosalam	119.197	0.4961
LUAS TOTAL		240.255	

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Setelah luas daerah pengaruh diketahui, langkah selanjutnya ialah mencari curah hujan harian maksimum dari masing – masing stasiun. Curah hujan maksimum pada SH Mojoagung, SH Selorejo, SH Sumobito, SH Balongsono, SH Penanggalan, SH Mojowarno, SH Bareng, SH Wonosalam, dan SH Rejoagung dapat dilihat pada tabel 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13.

Tabel 4.3 Curah Hujan Maksimum di SH Balongsongo

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan												R max
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	
1	2001	50	132	70	13	0	14	0	0	0	24	0	78	132
2	2002	68	100	125	85	46	75	60	0	0	29	105	50	125
3	2003	85	70	75	15	0	0	0	0	0	50	77	48	85
4	2004	90	110	85	63	0	0	0	0	0	0	15	0	110
5	2005	46	15	51	20	47	35	0	0	0	0	48	49	51
6	2006	75	56	115	70	45	34	0	0	6	9	25	-	115
7	2007	49	47	60	50	28	11	0	0	0	54	39	40	60
8	2008	59	69	80	59	0	0	0	0	0	0	23	54	80
9	2009	59	52	111	29	97	0	0	0	0	59	79	51	111
10	2010	125	75	196	11	54	0	0	0	0	0	75	72	196
11	2011	42	57	67	47	27	32	29	0	0	0	22	69	69
12	2012	128	125	115	66	47	0	0	0	0	0	0	68	128
13	2013	0	51	63	11	12	0	0	20	0	27	11	86	86
14	2014	50	58	47	18	32	0	0	0	0	55	56	80	80
15	2015	62	60	104	0	0	45	0	0	0	0	10	17	104

*Sumber : DPU Pengairan*

Tabel 4.4 Curah Hujan Maksimum di SH Sumobito

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan												R max
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	
1	2001	52	114	65	13	0	38	0	0	0	4	3	78	114
2	2002	41	82	95	62	25	65	41	0	0	25	61	66	95
3	2003	72	37	52	32	0	0	0	0	11	60	77	40	77
4	2004	70	105	70	42	0	0	0	0	0	0	11	75	105
5	2005	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
6	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39	39
8	2008	98	69	72	40	10	0	0	0	0	0	29	58	98
9	2009	60	80	67	10	91	0	0	0	0	0	98	86	98
10	2010	112	97	99	0	92	0	0	0	0	0	98	0	112
11	2011	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	2013	61	9	62	11	0	0	0	0	0	0	0	78	78
14	2014	38	0	15	10	0	0	0	0	0	15	30	33	38
15	2015	40	60	65	0	0	0	0	0	0	0	0	20	65

*Sumber : DPU Pengairan*

Tabel 4.5 Curah Hujan Maksimum di SH Mojoagung

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan												R max
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	
1	2001	72	122	113	42	0	0	0	0	0	11	16	102	122
2	2002	58	104	92	90	28	69	58	0	0	0	56	95	104
3	2003	68	46	43	49	0	0	9	0	15	27	56	17	68
4	2004	55	92	17	20	41	0	0	0	0	0	18	60	92
5	2005	46	46	42	18	0	46	0	0	0	54	28	32	54
6	2006	36	19	58	72	64	0	0	0	0	12	50	0	72
7	2007	0	56	50	50	11	3	0	0	10	52	50	43	56
8	2008	105	72	80	40	15	0	0	0	0	24	22	70	105
9	2009	50	52	80	35	95	0	0	0	0	74	68	50	95
10	2010	110	112	134	31	45	0	0	0	0	0	106	108	134
11	2011	143	50	92	70	0	86	17	22	0	26	80	85	143
12	2012	122	75	112	66	95	0	0	0	0	0	0	80	122
13	2013	56	91	70	7	0	6	0	25	0	10	45	65	91
14	2014	40	45	70	45	45	0	0	0	0	65	35	57	70
15	2015	85	87	95	50	51	39	0	0	0	10	46	18	95

*Sumber : DPU Pengairan*

Tabel 4.6 Curah Hujan Maksimum di SH Penanggalan

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan												R max
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	
1	2001	66	82	88	40	0	0	0	0	0	0	19	24	88
2	2002	45	86	95	78	15	98	26	0	0	0	0	0	95
3	2003	0	0	0	0	0	0	0	0	29	19	48	16	48
4	2004	60	94	35	37	29	0	0	0	0	0	12	62	94
5	2005	30	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
6	2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	54	42	54
8	2008	107	67	92	37	10	0	0	0	0	0	62	49	107
9	2009	80	50	75	32	83	0	0	0	0	71	69	53	83
10	2010	91	98	118	26	53	19	7	0	0	0	96	93	118
11	2011	135	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	78	135
12	2012	125	63	98	40	27	0	0	0	0	0	0	55	125
13	2013	21	6	51	0	0	0	0	0	0	0	14	63	63
14	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	2015	82	82	87	47	47	36	0	0	0	0	41	19	87

*Sumber : DPU Pengairan*

Tabel 4.7 Curah Hujan Maksimum di SH Selorejo

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan												R max
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	
1	2001	45	47	125	40	0	0	0	0	0	0	25	40	125
2	2002	58	47	95	40	40	40	10	0	0	5	56	24	95
3	2003	110	34	86	11	68	20	0	0	11	11	28	29	110
4	2004	46	59	13	21	29	0	0	0	0	0	0	47	59
5	2005	57	22	29	21	0	25	0	0	0	20	49	81	81
6	2006	40	31	58	35	15	25	26	0	0	40	39	0	58
7	2007	0	7	24	23	15	3	0	0	0	13	25	41	25
8	2008	75	63	30	19	12	0	0	0	0	0	30	28	75
9	2009	91	35	47	22	30	0	0	0	0	0	74	72	91
10	2010	115	90	79	9	67	0	0	0	0	0	96	82	115
11	2011	81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65	81
12	2012	60	66	85	63	0	0	0	0	0	0	0	68	85
13	2013	80	68	50	15	0	0	0	18	0	15	40	65	80
14	2014	52	65	70	17	0	0	0	0	0	15	45	50	70
15	2015	68	76	78	10	29	40	0	0	0	0	0	0	78

*Sumber : DPU Pengairan*

Tabel 4.8 Curah Hujan Maksimum di SH Mojowarno

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan												R max
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	
1	2001	71	44	110	28	0	0	0	0	0	8	47	78	110
2	2002	103	78	85	75	22	59	32	0	0	39	59	56	103
3	2003	52	68	45	62	37	24	6	63	6	26	50	90	90
4	2004	77	82	30	23	50	15	0	0	0	0	42	0	82
5	2005	62	33	107	45	8	6	16	0	0	89	75	68	107
6	2006	85	31	77	130	27	56	16	0	9	39	38	15	130
7	2007	60	53	64	56	4	27	3	0	11	30	44	37	64
8	2008	92	80	55	75	5	0	0	0	0	0	27	61	92
9	2009	54	60	72	33	62	39	0	0	15	38	81	50	81
10	2010	85	52	75	41	25	9	13	0	3	0	75	87	87
11	2011	55	66	82	71	50	35	14	58	1	17	56	74	82
12	2012	56	100	85	45	77	0	0	0	0	0	6	45	100
13	2013	31	66	67	36	15	60	0	11	0	45	55	80	80
14	2014	70	80	50	35	40	0	0	0	0	50	90	95	90
15	2015	125	93	103	62	39	86	0	0	0	0	55	39	125

*Sumber : DPU Pengairan*

Tabel 4.9 Curah Hujan Maksimum di SH Bareng

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan												R max
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	
1	2001	74	43	122	40	3	0	0	0	0	6	72	35	122
2	2002	44	73	73	74	25	20	0	0	5	40	65	32	74
3	2003	111	72	78	66	5	20	0	52	0	25	52	98	111
4	2004	53	106	63	30	50	22	0	0	0	0	32	50	106
5	2005	46	62	70	23	0	10	33	10	0	25	55	36	70
6	2006	82	48	75	80	20	56	22	0	6	72	37	13	82
7	2007	58	60	35	44	16	28	0	0	0	30	42	25	60
8	2008	84	107	41	91	21	0	0	0	0	0	31	50	107
9	2009	98	76	74	15	50	25	0	0	0	27	34	55	98
10	2010	90	55	40	11	28	0	0	0	22	9	76	70	90
11	2011	43	46	69	44	35	82	4	0	0	12	54	43	82
12	2012	59	89	117	70	52	0	0	0	0	0	2	109	117
13	2013	62	59	52	28	5	32	0	0	0	22	39	127	127
14	2014	33	31	45	27	0	0	0	0	0	48	45	53	53
15	2015	85	59	83	59	33	10	0	0	0	0	30	13	85

*Sumber : DPU Pengairan*

Tabel 4.10 Curah Hujan Maksimum di SH Wonosalam

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan												R max
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	
1	2001	79	61	76	65	23	0	0	0	0	0	50	70	79
2	2002	45	132	61	68	66	41	31	0	21	50	60	35	132
3	2003	75	80	28	38	25	16	10	52	0	31	38	101	101
4	2004	50	75	12	36	43	8	0	0	0	70	18	0	75
5	2005	63	26	108	27	25	0	16	0	0	41	49	83	108
6	2006	53	45	49	57	12	57	15	0	19	30	41	9	57
7	2007	56	61	41	76	12	62	0	0	0	40	95	50	95
8	2008	109	82	114	19	18	0	0	0	0	0	36	85	114
9	2009	107	63	86	12	23	0	0	0	18	30	59	117	117
10	2010	105	67	112	19	19	0	0	0	0	0	46	91	112
11	2011	26	49	70	40	43	49	11	0	0	13	58	43	70
12	2012	73	30	68	40	10	0	0	0	0	0	0	90	90
13	2013	61	73	51	40	5	60	7	0	0	12	76	241	241
14	2014	81	100	46	10	2	0	0	0	0	20	39	83	100
15	2015	74	103	85	41	69	43	0	0	0	0	42	53	103

*Sumber : DPU Pengairan*

Tabel 4.11 Curah Hujan Maksimum di SH Rejoagung

No	Tahun	Curah Hujan Harian Maksimum Tiap Bulan												R max
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Juni	Juli	Agust	Sept	Okt	Nov	Des	
1	2001	70	65	129	52	10	0	0	0	0	0	24	43	129
2	2002	45	137	57	45	37	39	0	0	0	21	85	66	137
3	2003	151	47	93	69	24	21	0	65	0	17	60	81	151
4	2004	82	105	53	31	9	19	0	0	0	0	33	29	105
5	2005	53	55	54	73	0	0	38	0	0	32	69	68	73
6	2006	58	53	45	99	25	14	0	0	0	25	53	36	99
7	2007	57	126	42	74	39	30	0	0	0	26	38	18	126
8	2008	96	119	51	21	27	0	0	0	0	0	53	70	119
9	2009	75	89	65	34	61	0	0	0	0	4	30	70	89
10	2010	106	58	66	54	18	0	0	6	0	166	67	166	
11	2011	32	126	90	73	28	15	0	0	0	64	24	47	126
12	2012	120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	83	120
13	2013	48	73	90	54	0	46	0	0	0	30	45	147	147
14	2014	57	165	46	38	18	0	0	0	0	74	47	53	157
15	2015	157	76	65	8	48	0	0	0	0	0	25	46	157

*Sumber : DPU Pengairan*

Selanjutnya, dilakukan perhitungan curah hujan rata – rata dari satu daerah aliran. Karena terdapat sembilan stasiun hujan yang berpengaruh terhadap wilayah DAS Kali Gunting, maka dilakukan perhitungan sebanyak sembilan kali. Pertama, perhitungan dilakukan berdasarkan curah hujan maksimum di SH Balongsono seperti pada tabel 4.12. Kedua, perhitungan dilakukan berdasarkan curah hujan maksimum di SH Sumobito seperti pada tabel 4.13. Ketiga, perhitungan dilakukan berdasarkan curah hujan maksimum di SH Mojoagung seperti pada tabel 4.14. Keempat, perhitungan dilakukan berdasarkan curah hujan maksimum di SH Penanggalan seperti pada tabel 4.15. kelima, perhitungan dilakukan berdasarkan curah hujan maksimum di SH Selorejo seperti pada tabel 4.16. Keenam, perhitungan dilakukan berdasarkan curah hujan maksimum di SH Mojowarno seperti pada tabel 4.17. Ketujuh, perhitungan dilakukan berdasarkan curah hujan maksimum di SH Bareng seperti pada tabel 4.18. Kedelapan, perhitungan dilakukan berdasarkan curah hujan maksimum di SH Wonosalam seperti pada tabel 4.19. Kesembilan, perhitungan

dilakukan berdasarkan curah hujan maksimum di SH Rejoagung seperti pada tabel 4.20.





Tabel 4.12 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Balongsono

No	Tanggal	Tahun	SH Balongsono		SH Sumobito		SH Mojoagung		SH Penanggalan		SH Selorejo		SH Mojowarno		SH Bareng		SH Wonosalam		SH Rejoagung		Rtot (mm)
			(W1= 0.0067)		(W2= 0.0097)		(W3= 1689)		(W4= 0.0046)		(W5= 0.0401)		(W6= 0.1937)		(W7= 0.0582)		(W8 = 0.4961)		(W9 = 0.0220)		
			R1	R1 x W1	R2	R2 x W2	R3	R3 x W3	R4	R4 x W4	R5	R5 x W5	R6	R6 x W6	R7	R7 x W7	R8	R8 x W8	R9	R9 x W9	
1	22-Mar	2001	125	0.838	83	0.806	18	3.039	0	0.000	6	0.240	4	0.775	5	0.291	15	7.442	5	0.110	13.542
2	9-Jan	2002	85	0.570	72	0.699	8	1.351	0	0.000	0	0.000	0	0.000	27	1.572	8	3.969	25	0.551	8.711
3	13-Feb	2003	110	0.737	105	1.020	92	15.535	94	0.431	58	2.325	82	15.883	106	6.170	65	32.248	86	1.894	76.244
4	8-Jan	2004	113	0.758	8	0.078	17	2.871	23	0.106	10	0.401	0	0.000	0	0.000	4	1.985	20	0.441	6.637
5	3-Mar	2005	51	0.342	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	2	0.044	0.386
6	28-Mar	2006	115	0.771	0	0.000	36	6.079	0	0.000	20	0.802	77	14.914	32	1.863	25	12.403	0	0.000	36.831
7		2007	60	0.402	0	0.000	6	1.013	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	8	3.969	15	0.330	5.715
8	28-Mar	2008	80	0.536	72	0.699	80	13.509	92	0.422	25	1.002	36	6.973	25	1.455	114	56.558	48	1.057	82.212
9	11-Mar	2009	111	0.744	55	0.534	28	4.728	25	0.115	25	1.002	29	5.617	0	0.000	0	0.000	65	1.432	14.172
10	3-Mar	2010	196	1.314	99	0.962	134	22.627	118	0.541	61	2.445	75	14.527	40	2.328	67	33.240	12	0.264	78.249
11	22-Dec	2011	69	0.463	0	0.000	58	9.794	62	0.285	19	0.762	5	0.968	0	0.000	12	5.954	0	0.000	18.224
12	18-Jan	2012	128	0.858	0	0.000	122	20.601	125	0.574	0	0.000	36	6.973	27	1.572	39	19.349	10	0.220	50.146
13	2-Dec	2013	86	0.577	77	0.748	0	0.000	0	0.000	0	0.000	45	8.716	14	0.815	11	5.457	0	0.000	16.313
14	13-Dec	2014	80	0.536	20	0.194	57	9.625	51	0.234	17	0.681	0	0.000	2	0.116	0	0.000	53	1.167	12.555
15	6-Mar	2015	104	0.697	65	0.631	87	14.691	82	0.376	30	1.202	0	0.000	0	0.000	0	0.000	37	0.815	18.413

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.13 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Sumobiro

No	Tanggal	Tahun	SH Balongsongo		SH Sumobito		SH Mojoagung		SH Penanggalan		SH Selorejo		SH Mojowarno		SH Bareng		SH Wonosalam		SH Rejoagung		Rtot (mm)
			(W1= 0.0067)		(W2= 0.0097)		(W3= 1689)		(W4= 0.0046)		(W5= 0.0401)		(W6= 0.1937)		(W7= 0.0582)		(W8 = 0.4961)		(W9 = 0.0220)		
			R1	R1 x W1	R2	R2 x W2	R3	R3 x W3	R4	R4 x W4	R5	R5 x W5	R6	R6 x W6	R7	R7 x W7	R8	R8 x W8	R9	R9 x W9	
1	13-Mar	2001	120	0.804	95	0.923	32	5.403	0	0.000	95	3.808	85	16.464	73	4.249	37	18.357	20	0.441	50.449
2	23-Nov	2002	77	0.516	77	0.748	47	7.936	46	0.211	0	0.000	36	6.973	44	2.561	0	0.000	60	1.322	20.267
3	13-Feb	2003	110	0.737	105	1.020	92	15.535	94	0.431	58	2.325	82	15.883	106	6.170	65	32.248	86	1.894	76.244
4	20-Mar	2004	80	0.536	70	0.680	71	11.989	70	0.321	7	0.281	6	1.162	7	0.407	0	0.000	0	0.000	15.376
5	30-Jan	2005	30	0.201	10	0.097	35	5.910	30	0.138	32	1.283	28	5.423	21	1.222	47	23.318	19	0.419	38.011
6		2006	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0.000
7	16-Dec	2007	40	0.268	39	0.379	43	7.261	42	0.193	41	1.643	30	5.811	25	1.455	0	0.000	10	0.220	17.230
8	21-Jan	2008	40	0.268	98	0.952	0	0.000	0	0.000	0	0.000	14	2.712	12	0.699	13	6.450	8	0.176	11.256
9	18-Nov	2009	79	0.530	98	0.952	68	11.482	0	0.000	0	0.000	75	14.527	34	1.979	41	20.341	30	0.661	50.472
10	12-Jan	2010	125	0.838	112	1.088	110	18.574	91	0.418	115	4.609	85	16.464	90	5.239	105	52.093	106	2.335	101.658
11		2011	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0.000
12	22-Dec	2012	0	0.000	58	0.563	66	11.145	0	0.000	68	2.726	45	8.716	16	0.931	39	19.349	5	0.110	43.540
13	3-Dec	2013	60	0.402	78	0.758	50	8.443	47	0.216	0	0.000	50	9.685	11	0.640	0	0.000	6	0.132	20.275
14	7-Jan	2014	50	0.335	38	0.369	40	6.754	23	0.106	52	2.084	68	13.171	29	1.688	0	0.000	0	0.000	24.507
15	6-Mar	2015	104	0.697	65	0.631	87	14.691	82	0.376	30	1.202	0	0.000	0	0.000	0	0.000	37	0.815	18.413

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.14 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Mojoagung

No	Tanggal	Tahun	SH Balongsono		SH Sumobito		SH Mojoagung		SH Penanggalan		SH Selorejo		SH Mojowarno		SH Bareng		SH Wonosalam		SH Rejoagung		Rtot (mm)
			(W1= 0.0067)		(W2= 0.0097)		(W3= 1689)		(W4= 0.0046)		(W5= 0.0401)		(W6= 0.1937)		(W7= 0.0582)		(W8 = 0.4961)		(W9 = 0.0220)		
			R1	R1 x W1	R2	R2 x W2	R3	R3 x W3	R4	R4 x W4	R5	R5 x W5	R6	R6 x W6	R7	R7 x W7	R8	R8 x W8	R9	R9 x W9	
1	1-Feb	2001	100	0.670	47	0.456	104	17.561	86	0.395	7	0.281	48	9.297	55	3.202	99	49.116	137	3.018	83.996
2	2-Jan	2002	25	0.168	12	0.117	68	11.482	0	0.000	110	4.409	52	10.072	111	6.461	75	37.209	151	3.326	73.244
3	13-Feb	2003	110	0.737	105	1.020	92	15.535	94	0.431	58	2.325	82	15.883	106	6.170	65	32.248	86	1.894	76.244
4	22-Dec	2004	18	0.121	0	0.000	93	15.704	70	0.321	86	3.447	10	1.937	33	1.921	9	4.465	47	1.035	28.951
5	20-Oct	2005	0	0.000	0	0.000	54	9.118	0	0.000	8	0.321	20	3.874	15	0.873	24	11.907	10	0.220	26.313
6	11-Apr	2006	70	0.469	0	0.000	72	12.158	0	0.000	0	0.000	35	6.779	28	1.630	24	11.907	95	2.093	35.036
7	25-Feb	2007	37	0.248	0	0.000	56	9.456	0	0.000	0	0.000	0	0.000	8	0.466	15	7.442	0	0.000	17.612
8	31-Jan	2008	40	0.268	55	0.534	105	17.730	107	0.491	22	0.882	74	14.333	34	1.979	75	37.209	44	0.969	74.396
9	15-May	2009	97	0.650	91	0.884	95	16.041	0	0.000	0	0.000	31	6.004	17	0.990	7	3.473	19	0.419	28.461
10	3-Mar	2010	196	1.314	99	0.962	134	22.627	118	0.541	61	2.445	75	14.527	40	2.328	67	33.240	12	0.264	78.249
11	6-Jan	2011	42	0.282	0	0.000	143	24.147	135	0.619	81	3.247	55	10.653	43	2.503	17	8.434	29	0.639	50.523
12	18-Jan	2012	128	0.858	0	0.000	122	20.601	125	0.574	0	0.000	36	6.973	27	1.572	39	19.349	10	0.220	50.146
13	18-Feb	2013	0	0.000	0	0.000	91	15.366	0	0.000	0	0.000	45	8.716	52	3.027	7	3.473	0	0.000	30.582
14	2-Mar	2014	26	0.174	0	0.000	70	11.820	60	0.275	26	1.042	0	0.000	9	0.524	9	4.465	19	0.419	18.719
15	5-Mar	2015	78	0.523	35	0.340	95	16.041	87	0.399	78	3.126	40	7.748	51	2.969	85	42.171	23	0.507	73.824

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 4.15 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Penanggalan

No	Tanggal	Tahun	SH Balongsongo		SH Sumobito		SH Mojoagung		SH Penanggalan		SH Selorejo		SH Mojowarno		SH Bareng		SH Wonosalam		SH Rejoagung		Rtot (mm)
			(W1= 0.0067)		(W2= 0.0097)		(W3= 1689)		(W4= 0.0046)		(W5= 0.0401)		(W6= 0.1937)		(W7= 0.0582)		(W8 = 0.4961)		(W9 = 0.0220)		
			R1	R1 x W1	R2	R2 x W2	R3	R3 x W3	R4	R4 x W4	R5	R5 x W5	R6	R6 x W6	R7	R7 x W7	R8	R8 x W8	R9	R9 x W9	
1	9-Jun	2001	25	0.168	0	0.000	29	4.897	98	0.450	16	0.641	20	3.874	10	0.582	41	20.341	8	0.176	31.129
2	22-Nov	2002	5	0.034	5	0.049	56	9.456	48	0.220	19	0.762	14	2.712	52	3.027	0	0.000	0	0.000	16.259
3	13-Feb	2003	110	0.737	105	1.020	92	15.535	94	0.431	58	2.325	82	15.883	106	6.170	65	32.248	86	1.894	76.244
4	7-Feb	2004	20	0.134	29	0.282	87	14.691	71	0.326	0	0.000	63	12.202	37	2.154	62	30.760		0.000	60.548
5	30-Jan	2005	30	0.201	10	0.097	35	5.910	30	0.138	32	1.283	28	5.423	21	1.222	47	23.318	19	0.419	38.011
6		2006	0	0.000	0	0.000		0.000	0	0.000	0	0.000		0.000	0	0.000		0.000	0	0.000	0.000
7	17-Nov	2007	39	0.261	0	0.000	0	0.000	54	0.248	12	0.481	27	5.230	28	1.630	95	47.132	38	0.837	55.819
8	31-Jan	2008	40	0.268	55	0.534	105	17.730	107	0.491	22	0.882	74	14.333	34	1.979	75	37.209	44	0.969	74.396
9	14-May	2009	0	0.000	0	0.000	0	0.000	83	0.381	26	1.042	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	1.423
10	3-Mar	2010	196	1.314	99	0.962	134	22.627	118	0.541	61	2.445	75	14.527	40	2.328	67	33.240	12	0.264	78.249
11	6-Jan	2011	42	0.282	0	0.000	143	24.147	135	0.619	81	3.247	55	10.653	43	2.503	17	8.434	29	0.639	50.523
12	18-Jan	2012	128	0.858	0	0.000	122	20.601	125	0.574	0	0.000	36	6.973	27	1.572	39	19.349	10	0.220	50.146
13	26-Dec	2013	70	0.469	65	0.631	65	10.976	63	0.289	65	2.605	7	1.356	3	0.175	0	0.000	147	3.238	19.739
14	2-Mar	2014	26	0.174	0	0.000	70	11.820	60	0.275	26	1.042	0	0.000	9	0.524	9	4.465	19	0.419	18.719
15	5-Mar	2015	78	0.523	35	0.340	95	16.041	87	0.399	78	3.126	40	7.748	51	2.969	85	42.171	23	0.507	73.824

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 4.16 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Selorejo

No	Tanggal	Tahun	SH Balongsongo		SH Sumobito		SH Mojoagung		SH Penanggalan		SH Selorejo		SH Mojowarno		SH Bareng		SH Wonosalam		SH Rejoagung		Rtot (mm)
			(W1= 0.0067)		(W2= 0.0097)		(W3= 1689)		(W4= 0.0046)		(W5= 0.0401)		(W6= 0.1937)		(W7= 0.0582)		(W8 = 0.4961)		(W9 = 0.0220)		
			R1	R1 x W1	R2	R2 x W2	R3	R3 x W3	R4	R4 x W4	R5	R5 x W5	R6	R6 x W6	R7	R7 x W7	R8	R8 x W8	R9	R9 x W9	
1	13-Mar	2001	120	0.804	95	0.923	32	5.403	0	0.000	95	3.808	85	16.464	73	4.249	37	18.357	20	0.441	50.449
2	2-Jan	2002	25	0.168	12	0.117	68	11.482	0	0.000	110	4.409	52	10.072	111	6.461	75	37.209	151	3.326	73.244
3	6-Feb	2003	55	0.369	40	0.389	62	10.469	40	0.184	59	2.365	76	14.720	0	0.000	75	37.209	105	2.313	68.018
4	22-Dec	2004	18	0.121	0	0.000	93	15.704	70	0.321	86	3.447	10	1.937	33	1.921	9	4.465	47	1.035	28.951
5	22-Dec	2005	0	0.000	0	0.000	28	4.728	0	0.000	81	3.247	68	13.171	29	1.688	0	0.000	68	1.498	24.332
6	14-Mar	2006	78	0.523	0	0.000	40	6.754	0	0.000	58	2.325	58	11.234	35	2.037	33	16.372	18	0.397	39.642
7	16-Dec	2007	40	0.268	39	0.379	43	7.261	42	0.193	41	1.643	30	5.811	25	1.455	0	0.000	10	0.220	17.230
8	30-Jan	2008	30	0.201	45	0.437	85	14.353	88	0.404	75	3.006	92	17.820	59	3.434	76	37.706	64	1.410	78.770
9	23-Jan	2009	59	0.396	50	0.486	50	8.443	80	0.367	91	3.648	50	9.685	10	0.582	15	7.442	0	0.000	31.047
10	12-Jan	2010	125	0.838	112	1.088	110	18.574	91	0.418	115	4.609	85	16.464	90	5.239	105	52.093	106	2.335	101.658
11	6-Jan	2011	42	0.282	0	0.000	143	24.147	135	0.619	81	3.247	55	10.653	43	2.503	17	8.434	29	0.639	50.523
12	21-Mar	2012	73	0.489	0	0.000	107	18.068	95	0.436	85	3.407	85	16.464	117	6.811	68	33.737	0	0.000	79.411
13	23-Jan	2013	0	0.000	59	0.573	0	0.000	0	0.000	80	3.207	22	4.261	9	0.524	61	30.264	0	0.000	38.828
14	10-Mar	2014	47	0.315	0	0.000	20	3.377	18	0.083	70	2.806	13	2.518	9	0.524	25	12.403	42	0.925	22.951
15	5-Mar	2015	78	0.523	35	0.340	95	16.041	87	0.399	78	3.126	40	7.748	51	2.969	85	42.171	23	0.507	73.824

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.17 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Mojowarno

No	Tanggal	Tahun	SH Balongsongo		SH Sumobito		SH Mojoagung		SH Penanggalan		SH Selorejo		SH Mojowarno		SH Bareng		SH Wonosalam		SH Rejoagung		Rtot (mm)
			(W1= 0.0067)		(W2= 0.0097)		(W3= 1689)		(W4= 0.0046)		(W5= 0.0401)		(W6= 0.1937)		(W7= 0.0582)		(W8 = 0.4961)		(W9 = 0.0220)		
			R1	R1 x W1	R2	R2 x W2	R3	R3 x W3	R4	R4 x W4	R5	R5 x W5	R6	R6 x W6	R7	R7 x W7	R8	R8 x W8	R9	R9 x W9	
1	8-Jan	2001	68	0.456	30	0.291	15	2.533	0	0.000	18	0.721	103	19.950	25	1.455	9	4.465	37	0.815	30.687
2	13-Dec	2002	34	0.228	23	0.223	13	2.195	16	0.073	20	0.802	90	17.432	98	5.705	24	11.907	81	1.784	40.350
3	13-Feb	2003	110	0.737	105	1.020	92	15.535	94	0.431	58	2.325	82	15.883	106	6.170	65	32.248	86	1.894	76.244
4	27-Dec	2004	50	0.335	0	0.000	46	7.767	38	0.174	20	0.802	120	23.243	35	2.037	14	6.946	72	1.586	42.891
5	7-Mar	2005	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	29	1.162	107	20.725	70	4.075	108	53.582	35	0.771	80.315
6	18-Apr	2006	39	0.261	0	0.000	68	11.482	0	0.000	0	0.000	130	25.180	80	4.657	50	24.806	99	2.181	68.567
7	1-Mar	2007	0	0.000	0	0.000	24	4.053	0	0.000	0	0.000	64	12.396	15	0.873	0	0.000	42	0.925	18.247
8	30-Jan	2008	30	0.201	45	0.437	85	14.353	88	0.404	75	3.006	92	17.820	59	3.434	76	37.706	64	1.410	78.770
9	26-Nov	2009	47	0.315	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	81	15.689	11	0.640	18	8.930	8	0.176	25.751
10	24-Dec	2010	0	0.000	0	0.000	10	1.689	14	0.064	21	0.842	87	16.851	45	2.619	47	23.318	67	1.476	46.859
11	14-Mar	2011	67	0.449	0	0.000	92	15.535	0	0.000	0	0.000	82	15.883	69	4.017	70	34.729	90	1.983	72.594
12	6-Feb	2012	125	0.838	0	0.000	75	12.664	63	0.289	60	2.405	100	19.369	89	5.181	30	14.884	0	0.000	55.630
13	25-Dec	2013	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	80	15.495	127	7.393	241	119.566	0	0.000	142.454
14	25-Nov	2014	10	0.067	0	0.000	15	2.533	9	0.041	8	0.321	90	17.432	3	0.175	12	5.954	43	0.947	27.469
15	25-Jan	2015	8	0.054	0	0.000	24	4.053	21	0.096	34	1.363	125	24.211	85	4.948	33	16.372	12	0.264	51.361

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.18 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Bareng

No	Tanggal	Tahun	SH Balongsongo		SH Sumobito		SH Mojoagung		SH Penanggalan		SH Selorejo		SH Mojowarno		SH Bareng		SH Wonosalam		SH Rejoagung		Rtot (mm)
			(W1= 0.0067)		(W2= 0.0097)		(W3= 1689)		(W4= 0.0046)		(W5= 0.0401)		(W6= 0.1937)		(W7= 0.0582)		(W8 = 0.4961)		(W9 = 0.0220)		
			R1	R1 x W1	R2	R2 x W2	R3	R3 x W3	R4	R4 x W4	R5	R5 x W5	R6	R6 x W6	R7	R7 x W7	R8	R8 x W8	R9	R9 x W9	
1	7-Apr	2001	25	0.168	11	0.107	42	7.092	78	0.358	24	0.962	50	9.685	74	4.308	68	33.737	45	0.991	57.406
2	2-Jan	2002	25	0.168	12	0.117	68	11.482	0	0.000	110	4.409	52	10.072	111	6.461	75	37.209	151	3.326	73.244
3	13-Feb	2003	110	0.737	105	1.020	92	15.535	94	0.431	58	2.325	82	15.883	106	6.170	65	32.248	86	1.894	76.244
4	10-Apr	2004	12	0.080	7	0.068	15	2.533	13	0.060	10	0.401	20	3.874	97	5.646	35	17.364	3	0.066	30.093
5	7-Mar	2005	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	29	1.162	107	20.725	70	4.075	108	53.582	35	0.771	80.315
6	13-Jan	2006	11	0.074	0	0.000	8	1.351	0	0.000	30	1.202	80	15.495	82	4.773	25	12.403	58	1.278	36.576
7	16-Feb	2007	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	5	0.968	60	3.493	58	28.775	126	2.776	36.012
8	21-Feb	2008	58	0.389	69	0.670	42	7.092	37	0.170	24	0.962	35	6.779	107	6.229	36	17.861	0	0.000	40.151
9	2-Jan	2009	49	0.328	57	0.554	26	4.390	20	0.092	23	0.922	54	10.459	98	5.705	107	53.085	56	1.234	76.769
10	12-Jan	2010	125	0.838	112	1.088	110	18.574	91	0.418	115	4.609	85	16.464	90	5.239	105	52.093	106	2.335	101.658
11	21-Jun	2011	17	0.114	0	0.000	28	4.728	0	0.000	0	0.000	35	6.779	82	4.773	49	24.310	0	0.000	40.705
12	21-Mar	2012	73	0.489	0	0.000	107	18.068	95	0.436	85	3.407	85	16.464	117	6.811	68	33.737	0	0.000	79.411
13	25-Dec	2013	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	80	15.495	127	7.393	241	119.566	0	0.000	142.454
14	12-Dec	2014	30	0.201	30	0.291	45	7.599	41	0.188	27	1.082	55	10.653	53	3.085	83	41.178	0	0.000	64.278
15	25-Jan	2015	8	0.054	0	0.000	24	4.053	21	0.096	34	1.363	125	24.211	85	4.948	33	16.372	12	0.264	51.361

*Sumber : Hasil Perhitungan*



Tabel 4.19 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Wonosalam

No	Tanggal	Tahun	SH Balongsongo		SH Sumobito		SH Mojoagung		SH Penanggalan		SH Selorejo		SH Mojowarno		SH Bareng		SH Wonosalam		SH Rejoagung		Rtot (mm)
			(W1= 0.0067)		(W2= 0.0097)		(W3= 1689)		(W4= 0.0046)		(W5= 0.0401)		(W6= 0.1937)		(W7= 0.0582)		(W8 = 0.4961)		(W9 = 0.0220)		
			R1	R1 x W1	R2	R2 x W2	R3	R3 x W3	R4	R4 x W4	R5	R5 x W5	R6	R6 x W6	R7	R7 x W7	R8	R8 x W8	R9	R9 x W9	
1	27-Feb	2001	99	0.664	15	0.146	47	7.936	0	0.000	34	1.363	37	7.167	73	4.249	132	65.489	57	1.2555898	88.269
2	11-Dec	2002	0	0.000	12	0.117	12	2.026	8	0.037	14	0.561	5	0.968	65	3.784	101	50.109	55	1.21153402	58.813
3	6-Feb	2003	55	0.369	40	0.389	62	10.469	40	0.184	59	2.365	76	14.720	0	0.000	75	37.209	105	2.31292858	68.018
4	13-Apr	2004	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	7	0.281	1	0.194	62	3.609	113	56.062	63	1.38775715	61.533
5	7-Mar	2005	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	29	1.162	107	20.725	70	4.075	108	53.582	35	0.77097619	80.315
6	3-Apr	2006	14	0.094	0	0.000	9	1.520	0	0.000	14	0.561	53	10.266	2	0.116	57	28.279	0	0	40.836
7	17-Nov	2007	39	0.261	0	0.000	0	0.000	54	0.248	12	0.481	27	5.230	28	1.630	95	47.132	38	0.83705987	55.819
8	28-Mar	2008	80	0.536	72	0.699	80	13.509	92	0.422	25	1.002	36	6.973	25	1.455	114	56.558	48	1.05733878	82.212
9	6-Dec	2009	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	64	2.565	14	2.712	35	2.037	117	58.047	0	0	65.361
10	15-Mar	2010	29	0.194	9	0.087	26	4.390	29	0.133	56	2.245	61	11.815	16	0.931	112	55.566	0	0	75.362
11	14-Mar	2011	67	0.449	0	0.000	92	15.535	0	0.000	0	0.000	82	15.883	69	4.017	70	34.729	90	1.98251021	72.594
12	23-Dec	2012	70	0.469	41	0.398	0	0.000	0	0.000	48	1.924	16	3.099	14	0.815	90	44.651	7	0.15419524	51.511
13	25-Dec	2013	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	80	15.495	127	7.393	241	119.566	0	0	142.454
14	2-Feb	2014	0	0.000	0	0.000	0	0.000	60	0.275	10	0.401	80	15.495	11	0.640	100	49.613	15	0.33041837	66.755
15	25-Feb	2015	16	0.107	60	0.583	50	8.443	53	0.243	57	2.285	93	18.013	30	1.746	103	51.101	8	0.17622313	82.698

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.20 Perhitungan Curah Hujan Rata – Rata Berdasarkan Hujan Maksimum di SH Rejoagung

No	Tanggal	Tahun	SH Balongsongo		SH Sumobito		SH Mojoagung		SH Penanggalan		SH Selorejo		SH Mojowarno		SH Bareng		SH Wonosalam		SH Rejoagung		Rtot (mm)
			(W1= 0.0067)		(W2= 0.0097)		(W3= 1689)		(W4= 0.0046)		(W5= 0.0401)		(W6= 0.1937)		(W7= 0.0582)		(W8 = 0.4961)		(W9 = 0.0220)		
			R1	R1 x W1	R2	R2 x W2	R3	R3 x W3	R4	R4 x W4	R5	R5 x W5	R6	R6 x W6	R7	R7 x W7	R8	R8 x W8	R9	R9 x W9	
1	1-Feb	2001	100	0.670	47	0.456	104	17.561	86	0.395	7	0.281	48	9.297	55	3.202	99	49.116	137	3.018	83.996
2	2-Jan	2002	25	0.168	12	0.117	68	11.482	0	0.000	110	4.409	52	10.072	111	6.461	75	37.209	151	3.326	73.244
3	6-Feb	2003	55	0.369	40	0.389	62	10.469	40	0.184	59	2.365	76	14.720	0	0.000	75	37.209	105	2.313	68.018
4	18-Feb	2004	0	0.000	0	0.000	53	8.949	0	0.000	17	0.681	51	9.878	42	2.445	6	2.977	81	1.784	26.715
5	15-Apr	2005	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	8	0.466	0	0.000	73	1.608	2.074
6	18-Apr	2006	39	0.261	0	0.000	68	11.482	0	0.000	0	0.000	130	25.180	80	4.657	50	24.806	99	2.181	68.567
7	16-Feb	2007	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	5	0.968	60	3.493	58	28.775	126	2.776	36.012
8	20-Feb	2008	19	0.127	10	0.097	15	2.533	12	0.055	10	0.401	30	5.811	31	1.805	34	16.868	119	2.621	30.318
9	27-Feb	2009	10	0.067	50	0.486	34	5.741	29	0.133	0	0.000	51	9.878	55	3.202	63	31.256	89	1.960	52.723
10	12-Jan	2010	125	0.838	112	1.088	110	18.574	91	0.418	115	4.609	85	16.464	90	5.239	105	52.093	106	2.335	101.658
11	24-Feb	2011	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	10	1.937	36	2.096	0	0.000	126	2.776	6.808
12	25-Jan	2012	37	0.248	0	0.000	14	2.364	17	0.078	30	1.202	56	10.847	59	3.434	73	36.217	120	2.643	57.034
13	26-Dec	2013	70	0.469	65	0.631	65	10.976	63	0.289	65	2.605	7	1.356	3	0.175	0	0.000	147	3.238	19.739
14	3-Feb	2014	0	0.000	0	0.000	0	0.000	0	0.000	41	1.643	5	0.968	0	0.000	14	6.946	165	3.635	13.192
15	10-Jan	2015	36	0.241	30	0.291	45	7.599	47	0.216	8	0.321	10	1.937	7	0.407	0	0.000	157	3.458	14.470

Sumber : Hasil Perhitungan



Dari perhitungan yang ditunjukkan pada tabel 4.12 – 4.20, diperoleh nilai nilai curah hujan rata – rata dari masing – masing stasiun hujan setiap tahunnya. Nilai curah hujan rata – rata dari masing – masing stasiun hujan kemudian dibandingkan satu sama lain untuk kemudian diambil nilai curah hujan rata – rata yang terbesar / maksimum tiap tahunnya. Nilai curah hujan rata – rata maksimum ( $R_{maks}$ ) inilah yang akan dijadikan acuan untuk perhitungan selanjutnya. Curah hujan rata – rata maksimum dapat dilihat pada tabel 4.21

Tabel 4.21 Curah Hujan Rata – Rata Maksimum

Tahun	Hasil Rtot tiap stasiun hujan (mm)									Nilai Rmaks yang diambil (mm)
	SH Balonsoño	SH Sumobito	SH Mojoagung	SH Penanggalan	SH Selorejo	SH Mojowarno	SH Bareng	SH Wonosalam	SH Rejoagung	
2001	13.542	50.449	83.996	31.129	50.449	30.687	57.406	88.269	83.996	88.269
2002	8.711	20.267	73.244	16.259	73.244	40.350	73.244	58.813	73.244	73.244
2003	76.244	76.244	76.244	76.244	68.018	76.244	76.244	68.018	68.018	76.244
2004	6.637	15.376	28.951	60.548	28.951	42.891	30.093	61.533	26.715	61.533
2005	0.386	38.011	26.313	38.011	24.332	80.315	80.315	80.315	2.074	80.315
2006	36.831	0.000	35.036	0.000	39.642	68.567	36.576	40.836	68.567	68.567
2007	5.715	17.230	17.612	55.819	17.230	18.247	36.012	55.819	36.012	55.819
2008	82.212	11.256	74.396	74.396	78.770	78.770	40.151	82.212	30.318	82.212
2009	14.172	50.472	28.461	1.423	31.047	25.751	76.769	65.361	52.723	76.769
2010	78.249	101.658	78.249	78.249	101.658	46.859	101.658	75.362	101.658	101.658
2011	18.224	0.000	50.523	50.523	50.523	72.594	40.705	72.594	6.808	72.594
2012	50.146	43.540	50.146	50.146	79.411	55.630	79.411	51.511	57.034	79.411
2013	16.313	20.275	30.582	19.739	38.828	142.454	142.454	142.454	19.739	142.454
2014	12.555	24.507	18.719	18.719	22.951	27.469	64.278	66.755	13.192	66.755
2015	18.413	18.413	73.824	73.824	73.824	51.361	51.361	82.698	14.470	82.698

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.5 Perhitungan Parameter Statistik

Setelah diperoleh nilai  $R_{maks}$  pada tabel 4.21, selanjutnya dilakukan perhitungan parameter statistik. Hasil dari parameter statistik ini sangat penting untuk mengetahui sifat dari distribusi. Parameter statistik yang dihitung meliputi :

1. Nilai rata – rata ( $\bar{Y}$ )  
Rumus perhitungan nilai rata – rata dapat dilihat pada persamaan 2.2
2. Deviasi standar (S)  
Rumus perhitungan deviasi standar dapat dilihat pada persamaan 2.3
3. Koefisien variasi (CV)  
Rumus perhitungan koefisien variasi dapat dilihat pada persamaan 2.4 atau 2.5
4. Koefisien kemencengan (CS)  
Rumus perhitungan koefisien kemencengan dapat dilihat pada persamaan 2.6
5. Koefisien ketajaman (CK)  
Rumus perhitungan koefisien ketajaman dapat dilihat pada persamaan 2.7

Perhitungan parameter statistik dapat dilihat pada tabel 4.22 dan tabel 4.23. Pada tabel 4.22, dilakukan perhitungan parameter statistik untuk metode distribusi Normal dan Gumbel Tipe I. Sedangkan pada tabel 4.23, dilakukan perhitungan parameter statistik untuk metode distribusi Log Pearson Tipe III dan Log Normal.

Tabel 4.22 Perhitungan Parameter Statistik Untuk Normal dan Gumbel Tipe 1

No	Tahun	$R_{maks} = R_m$ (mm)	$R_{rata} = R_r$ (mm)	$R_m - R_r$	$(R_m - R_r)^2$	$(R_m - R_r)^3$	$(R_m - R_r)^4$
1	2013	142.454	80.569	61.885	3829.738	237002.834	14666890.576
2	2010	101.658	80.569	21.088	444.725	9378.574	197780.021
3	2001	88.269	80.569	7.699	59.276	456.375	3513.683
4	2015	82.698	80.569	2.128	4.529	9.637	20.507
5	2008	82.212	80.569	1.643	2.699	4.433	7.283
6	2005	80.315	80.569	-0.255	0.065	-0.017	0.004
7	2012	79.411	80.569	-1.159	1.342	-1.555	1.801
8	2009	76.769	80.569	-3.800	14.443	-54.891	208.611
9	2003	76.244	80.569	-4.326	18.712	-80.942	350.130
10	2002	73.244	80.569	-7.325	53.656	-393.031	2878.964
11	2011	72.594	80.569	-7.975	63.600	-507.213	4045.022
12	2006	68.567	80.569	-12.002	144.050	-1728.898	20750.362
13	2014	66.755	80.569	-13.815	190.848	-2636.515	36422.831
14	2004	61.533	80.569	-19.036	362.375	-6898.238	131315.976
15	2007	55.819	80.569	-24.751	612.596	-15162.179	375274.315
TOTAL		1208.542			5802.654	219388.374	15439460.086

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Tabel 4.23 Perhitungan Parameter Statistik Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III dan Log Normal

No	Tahun	R <sub>maks</sub> (mm)	Log R	Log R <sub>rata</sub>	Log (R-R <sub>rata</sub> )	Log (R-R <sub>rata</sub> ) <sup>2</sup>	Log (R-R <sub>rata</sub> ) <sup>3</sup>	Log (R-R <sub>rata</sub> ) <sup>4</sup>
1	2013	142.454	2.1537	1.8956	0.2581	6.66E-02	1.72E-02	4.44E-03
2	2010	101.658	2.0071	1.8956	0.1116	1.25E-02	1.39E-03	1.55E-04
3	2001	88.269	1.9458	1.8956	0.0503	2.53E-03	1.27E-04	6.38E-06
4	2015	82.698	1.9175	1.8956	0.0219	4.81E-04	1.06E-05	2.32E-07
5	2008	82.212	1.9149	1.8956	0.0194	3.76E-04	7.28E-06	1.41E-07
6	2005	80.315	1.9048	1.8956	0.0092	8.54E-05	7.89E-07	7.30E-09
7	2012	79.411	1.8999	1.8956	0.0043	1.87E-05	8.11E-08	3.51E-10
8	2009	76.769	1.8852	1.8956	-0.0104	1.07E-04	-1.11E-06	1.15E-08
9	2003	76.244	1.8822	1.8956	-0.0133	1.78E-04	-2.38E-06	3.17E-08
10	2002	73.244	1.8648	1.8956	-0.0308	9.47E-04	-2.92E-05	8.97E-07
11	2011	72.594	1.8609	1.8956	-0.0346	1.20E-03	-4.16E-05	1.44E-06
12	2006	68.567	1.8361	1.8956	-0.0594	3.53E-03	-2.10E-04	1.25E-05
13	2014	66.755	1.8245	1.8956	-0.0711	5.05E-03	-3.59E-04	2.55E-05
14	2004	61.533	1.7891	1.8956	-0.1064	1.13E-02	-1.21E-03	1.28E-04
15	2007	55.819	1.7468	1.8956	-0.1488	2.21E-02	-3.29E-03	4.90E-04
TOTAL			28.433287		0	0.1270	0.0136	0.0053

*Sumber : Hasil Perhitungan*

#### 4.6 Pemilihan Jenis Distribusi

Hasil perhitungan parameter statistik yang telah diperoleh, selanjutnya digunakan sebagai acuan untuk melakukan pemilihan jenis distribusi yang sesuai berdasarkan pedoman yang telah ditetapkan pada tabel 2.7. Pemilihan distribusi yang sesuai pada tugas akhir ini dapat dilihat selengkapnya pada tabel 4.24.

Tabel 4.24 Pemilihan Jenis Distribusi yang Sesuai

Jenis Distribusi	Syarat	Hasil	Keterangan
Normal	$Cs \approx 0$	$Cs = 2$	Tidak memenuhi
	$Ck = 3$	$Ck = 6,107$	
Gumbel Tipe I	$Cs \leq 1,1396$	$Cs = 2$	Tidak memenuhi
	$Ck \leq 5,4002$	$Ck = 6,107$	
Log Pearson Tipe III	$Cs \neq 0$	$Cs = 2$	Memenuhi



Log Normal	$Cs \approx 3Cv + Cv^2 = 1,29$	$Cs = 0,153$	Tidak memenuhi
	$Ck = 3,249$	$Ck = 3,041$	

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Dari tabel di atas, dapat diketahui bahwa jenis distribusi yang memenuhi syarat dan dapat digunakan pada tugas akhir ini adalah distribusi Log Pearson Tipe III.

#### 4.7 Uji Kecocokan Distribusi

Setelah melakukan analisis frekuensi hujan, selanjutnya adalah melakukan uji kecocokan. Uji kecocokan dimaksudkan agar mengetahui apakah distribusi probabilitas tadi dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Metode uji kecocokan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah metode Chi-kuadrat dan metode Smirnov-Kolmogorov.

a. Chi-kuadrat

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah data (n)} &= 15 \\
 \text{Jumlah kelas (G)} &= 1 + 3,322 \log n \\
 &= 1 + 3,322 \log (15) \\
 &= 4,907 \approx 5 \\
 \text{Rentang nilai} &= \text{Nilai maks.} - \text{nilai min.} \\
 &= 2,1536 - 1,7467 = 0,4068 \\
 \text{Panjang kelas (i)} &= \frac{\text{rentang nilai}}{G} = 0.0814
 \end{aligned}$$

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub-kelas dengan interval tiap kelas sebesar 0.0814. Perhitungan uji Chi Kuadrat ( $X_h$ ) untuk distribusi Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada tabel 4.25.

Tabel 4.25 Uji Kecocokan Chi Kuadrat Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Nilai Batas Sub Kelas	Jumlah Data		Oi - Ei	$(Oi - Ei)^2 / Ei$
		Oi	Ei		
1	1,7476-1,828	3	3	-0.333	0.000

2	1,828-1,909	7	3	-1.333	5.333
3	1,909-1,99	3	3	1.667	0.000
4	1,99-2,072	0	3	1.667	3.000
5	2,072-2,154	2	3	-2.333	0.333
Total		15		$X_h^2 =$	8.67

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Pada tabel 4.25, dapat dilihat bahwa  $X_h$  hitung = 8.67. Besarnya derajat kebebasan =  $5-2-1 = 2$ . Sedangkan besarnya derajat kepercayaan ( $\alpha$ ) diambil yang paling kritis yaitu sebesar 5%. Berdasarkan tabel 2.8, dengan nilai  $dk = 5$  dan nilai  $\alpha = 5\%$  maka diperoleh nilai  $X^2 = 5.99$ . Dikarenakan nilai  $X_h > X$ , sehingga dapat disimpulkan bahwa pemilihan distribusi Log Pearson Tipe III tidak memenuhi.

b. Uji Smirnov Kolmogorov

Tabel 4.26 Uji Kecocokan Smirnov Kolmogorov Distribusi Log Pearson Tipe III

Log R (mm)	m	$P(x) = \frac{m}{m+1}$	$P(x <)$	$f(t) = \frac{(R - R_r)}{S}$	$P'(x)$	$P'(x <)$	D
1	2	3	4 = nilai 1 - kol.3	5	6	7 = nilai 1 - kol.6	8 = 7-4
2.1537	1	0.0625	0.9375	2.7	0.0500	0.950	0.0125
2.0071	2	0.125	0.875	1.2	0.1056	0.894	0.0194
1.9458	3	0.1875	0.8125	0.5	0.1912	0.809	0.0037
1.9175	4	0.25	0.75	0.2	0.2013	0.799	0.0487
1.9149	5	0.3125	0.6875	0.2	0.3013	0.699	0.0112
1.9048	6	0.375	0.625	0.1	0.3504	0.650	0.0246
1.8999	7	0.4375	0.5625	0.0	0.4801	0.520	0.0426
1.8852	8	0.5	0.5	-0.1	0.5596	0.440	0.0596
1.8822	9	0.5625	0.4375	-0.1	0.5596	0.440	0.0029
1.8648	10	0.625	0.375	-0.3	0.6368	0.363	0.0118
1.8609	11	0.6875	0.3125	-0.4	0.6736	0.326	0.0139
1.8361	12	0.75	0.25	-0.6	0.7422	0.258	0.0078
1.8245	13	0.8125	0.1875	-0.7	0.7834	0.217	0.0291
1.7891	14	0.875	0.125	-1.1	0.8749	0.125	0.0001
1.7468	15	0.9375	0.0625	-1.6	0.9505	0.050	0.0130
						$D_{maks} =$	0.3009

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Pada tabel 4.26, diketahui bahwa nilai  $D_{maks} = 0,3009$ . Dengan menggunakan data pada tabel 2.9, untuk derajat kepercayaan 5% ditolak dan  $N = 15$ , maka diperoleh  $D_o = 0,34$ . Karena nilai  $D_{maks}$  lebih kecil dari nilai  $D_o$  ( $0,308 < 0,34$ ), maka distribusi Log Pearson Tipe III dapat diterima.

c. Rekapitulasi Uji Kecocokan

Dari perhitungan uji kecocokan Chi Kuadrat dan Smirnov Kolmogorov di atas, maka dapat dihasilkan rekapitulasi seperti yang tampak pada tabel 4.27.

Tabel 4.27 Rekapitulasi Uji Kecocokan

Jenis uji	Hasil			Ket.
Chi Kuadrat	$Xh^2$		$X^2_{kr}$	Not Oke
	8.67	>	5.99	
Smirnov Kolmogorov	$D_{maks}$		D	Oke
	0.3009	>	0.34	

*Sumber : Hasil Perhitungan*

Kesimpulan dari tabel 4.27, bahwa distribusi Log Pearson Tipe III dapat digunakan.

#### 4.8 Perhitungan Hujan Rencana

Berdasarkan kesimpulan dari hasil uji kecocokan distribusi, maka perhitungan curah hujan rencana dilakukan dengan menggunakan Distribusi Log Pearson Tipe III. Sehingga, persamaan yang akan digunakan adalah persamaan 4.2 yaitu :

$$\text{Log}Xi = \text{Log}X_{rt} + k.S\text{Log}X$$

$$\text{Log}Xi = 1.8956 + 0.095.k$$

1. Dari perhitungan analisa frekuensi untuk distribusi Log Pearson Tipe III didapatkan data sebagai berikut :

- $\text{Log} X_{rt} = 1.8956$
- $S\text{Log}X = 0.095$
- $C_s = 1.2958$

2. Dengan nilai  $C_s = 1.2958$ , maka dapat ditentukan nilai  $k$ . dan selanjutnya dapat dihitung besarnya curah hujan untuk setiap periode ulang. Misalkan perhitungan curah hujan  $R_{24}$  maksimum untuk periode selama 10 tahun, nilai  $k$  didapatkan dengan cara interpolasi pada tabel nilai  $k$  untuk Log Pearson tipe II :

$$\frac{(-2.0) - (-2.1)}{(-2.0) - (-2.2)} = \frac{(0.895 - k)}{(0.895 - 0.844)}$$

$$k = 1.339$$

3. Sehingga,  $R_{24}$  maksimum untuk periode selama 10 tahun adalah :

$$\begin{aligned} \text{LogXi} &= 1.8956 + (0.095 \times 1.339) \\ \text{LogXi} &= 2.0231 \\ \text{Xi} &= 105.4648 \text{ mm} \end{aligned}$$

Perhitungan hujan rencana setiap periode secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 4.28 berikut ini:

Tabel 4.28 Perhitungan Curah Hujan Rencana dengan Distribusi Log Pearson Tipe III

No	Periode Ulang (tahun)	Faktor Distribusi (k)	Log Xrt	Slog X	Log Xi	Xi (mm)
1	2	-0.21	1.8956	0.0953	1.87555	75.084
2	5	0.719	1.8956	0.0953	1.96405	92.055
3	10	1.339	1.8956	0.0953	2.02311	105.465
4	20	1.852	1.8956	0.0953	2.07194	118.017
5	25	2.108	1.8956	0.0953	2.09636	124.843
6	50	2.666	1.8956	0.0953	2.14952	141.098
7	100	3.211	1.8956	0.0953	2.20144	159.015

(Sumber : Hasil perhitungan)

#### 4.9 Perhitungan Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan perbandingan antara puncak aliran permukaan dan intensitas hujan. Penentuan nilai  $C$  dilakukan melalui pendekatan, yaitu berdasarkan karakter permukaan. Dalam perencanaan sistem drainase kawasan

perumahan Benowo, ada empat jenis permukaan yang ditinjau, seperti dalam Tabel 4.29.

Tabel 4.29. Nilai Koefisien Pengaliran (C) yang Digunakan

Jenis Permukaan	C
Pemukiman	0.65
Tanah kosong	0.35
Ladang	0,3
Sawah	0,15
Hutan	0.6

Karena dalam DAS Kali Gunting terdiri dari bermacam-macam jenis permukaan dan dengan luas yang berbeda-beda, maka nilai koefisien pengaliran yang dipakai adalah koefisien pengaliran gabungan atau  $C_{gab}$ . Berikut adalah perhitungan koefisien pengaliran gabungan:

$$A_{pemukiman} = 70,435 \text{ Km}^2$$

$$A_{tanah\ kosong} = 39,918 \text{ Km}^2$$

$$A_{ladang} = 51,495 \text{ Km}^2$$

$$A_{sawah} = 62,459 \text{ Km}^2$$

$$A_{hutan} = 15.948 \text{ Km}^2$$

$$C = \frac{\sum C_i A_i}{\sum A_i}$$

$$C = \frac{0,65 \times 70,435 + 0,35 \times 39,918 + 0,3 \times 51,495 + 0,15 \times 62,459 + 0,6 \times 15.948}{240,255}$$

$$C = \frac{94,14}{240,255} = 0,39$$

Hasil perhitungan koefisien pengaliran gabungan atau  $C_{gab}$  adalah 0,39

#### 4.10 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Pada tugas akhir ini digunakan metode Hidrograf Satuan Sintetis Nakayasu dikarenakan berdasarkan penelitian Alief Nur Afrizal yang berjudul “Hidrograf Satuan Sintetik” didapatkan metode HSS Nakayasu memiliki  $Q_p$  lebih besar dibandingkan dengan metode yang lain. Curah hujan efektif digunakan untuk mencari hidrograf banjir pada periode ulang tertentu melalui perkalian masing-masing unit hidrograf dengan curah hujan efektif

karena curah hujan efektif merupakan curah hujan yang langsung menjadi aliran permukaan yang menuju ke sungai. Perlu diketahui bahwa Indonesia merupakan negara dengan iklim tropis yang terdiri dari dua musim yaitu kemarau dan penghujan. Distribusi yang sering terjadi di Indonesia dengan hujan terpusat 5 jam.

Perhitungan rata-rata hujan ( $R_t$ ) sampai jam ke  $t$  adalah :

$$R_t = \frac{R_{24}}{tr} \left( \frac{tr}{t} \right)^{\frac{2}{3}}$$

Dimana :

- $\overline{Rt}$  = Rata – rata hujan pada jam ke – 1 ( mm )
- $t$  = Waktu lamanya hujan ( jam )
- $tr$  = Lamanya hujan terpusat ( jam )
- $R_{24}$  = Curah hujan harian efektif (mm)

- Jam ke-1

$$R_{t_1} = \frac{R_{24}}{5} \left( \frac{5}{1} \right)^{2/3} = 0,585xR_{24}$$

- Jam ke-2

$$R_{t_2} = \frac{R_{24}}{5} \left( \frac{5}{2} \right)^{2/3} = 0,368xR_{24}$$

- Jam ke-3

$$R_{t_3} = \frac{R_{24}}{5} \left( \frac{5}{3} \right)^{2/3} = 0,281xR_{24}$$

- Jam ke-4

$$R_{t_4} = \frac{R_{24}}{5} \left( \frac{5}{4} \right)^{2/3} = 0,232xR_{24}$$

- Jam ke-5

$$R_{t_5} = \frac{R_{24}}{5} \left( \frac{5}{5} \right)^{2/3} = 0,200xR_{24}$$

Untuk menghitung curah hujan hingga jam ke T rumus umumnya adalah sebagai berikut :

$$Rt' = t \times Rt - [(t - 1) \times R_{(t-1)}]$$

Dimana :

$$\begin{aligned} Rt' &= \text{Curah hujan jam ke } - t \\ Rt &= \text{Rata-rata hujan sampai jam ke } - t \\ t &= \text{Waktu hujan dari awal sampai jam ke } - t \\ R_{(t-1)} &= \text{Rata-rata hujan dari awal sampai jam ke } (t-1) \end{aligned}$$

Maka :

$$\begin{aligned} R_1 &= 1 \times R_1 - 0 &= 0,585 R_{24} \\ R_2 &= 2 \times R_2 - (2-1) \times R_{(2-1)} \\ &= 2 \times 0,368 R_{24} - 1 \times 0,585 R_{24} = 0,152 R_{24} \\ R_3 &= 3 \times R_3 - (3-1) \times R_{(3-1)} \\ &= 3 \times 0,281 R_{24} - 2 \times 0,368 R_{24} = 0,107 R_{24} \\ R_4 &= 4 \times R_4 - (4-1) \times R_{(4-1)} \\ &= 4 \times 0,232 R_{24} - 3 \times 0,281 R_{24} = 0,085 R_{24} \\ R_5 &= 5 \times R_5 - (5-1) \times R_{(5-1)} \\ &= 5 \times 0,200 R_{24} - 4 \times 0,232 R_{24} = 0,072 R_{24} \end{aligned}$$

Curah hujan efektif adalah besarnya hujan yang menjadi aliran langsung permukaan dan menuju ke sungai. Perhitungan hujan efektif menggunakan rumus :

$$R_{\text{eff}} = C \times Rt$$

Dimana:

$$\begin{aligned} R_{\text{eff}} &= \text{curah hujan efektif (mm)} \\ C &= \text{koefisien pengaliran} \\ Rt &= \text{Curah hujan rencana (mm)} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan curah hujan efektif dapat dilihat pada Tabel 4.30 berikut ini:

Tabel 4.30 Curah Hujan Efektif Periode Ulang

NO	Periode Ulang Hujan (tahun)	Curah hujan rencana (mm)	C	Curah Hujan Efektif (mm)
1	2	75.08	0.39	29.421
2	5	92.05	0.39	36.070
3	10	105.46	0.39	41.325
4	20	118.01	0.39	46.243
5	25	124.84	0.39	48.918
6	50	141.09	0.39	55.287
7	100	159.01	0.39	62.307

(Sumber : Hasil Perhitungan)

Dari perhitungan diatas, dapat dicari distribusi curah hujan efektif tiap jam, dan hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 4.31 berikut ini :

Tabel 4.31 Perhitungan Curah Hujan Efektif Jam-Jam an.

Periode Ulang Hujan (tahun)	Curah Hujan Efektif (mm)	Hujan ke-				
		1	2	3	4	5
		<b>0.585</b>	<b>0.368</b>	<b>0.28</b>	<b>0.232</b>	<b>0.2</b>
2	29.421	16.181	4.237	2.971	2.265	2.001
5	36.070	19.839	5.194	3.643	2.777	2.453
10	41.325	22.729	5.951	4.174	3.182	2.810
20	46.243	25.434	6.659	4.671	3.561	3.145
25	48.918	26.905	7.044	4.941	3.767	3.326
50	55.287	30.408	7.961	5.584	4.257	3.760
100	62.307	34.269	8.972	6.293	4.798	4.237

(Sumber : Hasil Perhitungan)



#### 4.11 Perhitungan Curah Hujan Efektif

Pada perencanaan ini desain Bendungan memiliki banjir periode ulang yang dipakai adalah 10 tahun, dikaremanakan Kali guting merupakan saluran sekunder dari system irigasi Kali ring Ngotok Kanal. Dengan nilai R curah hujan sebesar =105.46 mm. Perhitungan debit banjir periode ulang 10 tahun dengan metode Nakayasu dapat dilihat pada Tabel 4.32 sebagai berikut :

Tabel 4.32 Hidrograf Banjir Periode Ulang 10 Tahun.

t (jam)		R eff					Q (m3/s)
		jam ke 1	jam ke 2	jam ke 3	jam ke 4	jam ke 5	
0	0	0					0
0.5	0.097	2.213					2.213
1	0.514	11.679					11.679
1.5	1.360	30.906	0.000				30.906
2	2.712	61.644	16.139				77.783
2.5	4.633	105.311	27.572	0.000			132.883
3	7.177	163.120	42.708	29.955			235.783
3.699	11.871	269.809	70.641	49.547	0.000		389.996
4	10.957	249.041	65.204	45.733	34.866		394.844
4.5	9.589	217.936	57.060	40.021	30.511	0.000	345.527
5	8.391	190.715	49.933	35.022	26.700	23.579	325.950
5.5	7.343	166.895	43.696	30.648	23.365	20.634	285.238
6	6.426	146.049	38.238	26.820	20.447	18.057	249.611
6.5	5.623	127.807	33.462	23.470	17.893	15.802	218.434
7	4.921	111.844	29.283	20.539	15.658	13.828	191.152
7.5	4.306	97.875	25.625	17.973	13.702	12.101	167.276
8	3.768	85.650	22.425	15.728	11.991	10.589	146.383
8.212	3.561	80.943	21.192	14.864	11.332	10.007	138.338
9	3.095	70.354	18.420	12.919	9.849	8.698	120.241
9.5	2.832	64.366	16.852	11.820	9.011	7.958	110.008
10	2.591	58.888	15.418	10.814	8.244	7.281	100.645
10.5	2.370	53.877	14.106	9.894	7.543	6.661	92.080
11	2.169	49.291	12.905	9.052	6.901	6.094	84.243
11.5	1.984	45.096	11.807	8.281	6.314	5.576	77.074
12	1.815	41.259	10.802	7.577	5.776	5.101	70.515
12.5	1.661	37.747	9.883	6.932	5.285	4.667	64.513
13	1.519	34.535	9.042	6.342	4.835	4.270	59.023
13.5	1.390	31.596	8.272	5.802	4.423	3.906	54.000
14	1.272	28.907	7.568	5.308	4.047	3.574	49.404

14.5	1.164	26.447	6.924	4.857	3.703	3.270	45.200
15	1.065	24.196	6.335	4.443	3.387	2.991	41.353
15.5	0.974	22.137	5.796	4.065	3.099	2.737	37.834
14.978	1.068	24.283	6.358	4.459	3.400	3.002	41.501
16	0.932	21.193	5.549	3.892	2.967	2.620	36.220
16.5	0.872	19.825	5.191	3.641	2.776	2.451	33.883
17	0.816	18.546	4.856	3.406	2.596	2.293	31.696
17.5	0.763	17.349	4.542	3.186	2.429	2.145	29.651
18	0.714	16.229	4.249	2.980	2.272	2.007	27.737
18.5	0.668	15.182	3.975	2.788	2.125	1.877	25.947
19	0.625	14.202	3.718	2.608	1.988	1.756	24.273
19.5	0.585	13.286	3.478	2.440	1.860	1.643	22.707
20	0.547	12.428	3.254	2.282	1.740	1.537	21.241
20.5	0.512	11.626	3.044	2.135	1.628	1.437	19.870
21	0.479	10.876	2.848	1.997	1.523	1.345	18.588
21.5	0.448	10.174	2.664	1.868	1.424	1.258	17.389
22	0.419	9.518	2.492	1.748	1.332	1.177	16.266
22.5	0.392	8.903	2.331	1.635	1.246	1.101	15.217
23	0.366	8.329	2.181	1.529	1.166	1.030	14.235
23.5	0.343	7.791	2.040	1.431	1.091	0.963	13.316
24	0.321	7.289	1.908	1.338	1.020	0.901	12.457
24.5	0.300	6.818	1.785	1.252	0.955	0.843	11.653
25	0.281	6.378	1.670	1.171	0.893	0.789	10.901
25.5	0.263	5.967	1.562	1.096	0.835	0.738	10.197
26	0.246	5.582	1.461	1.025	0.781	0.690	9.539
26.5	0.230	5.221	1.367	0.959	0.731	0.646	8.924
27	0.215	4.884	1.279	0.897	0.684	0.604	8.348
27.5	0.201	4.569	1.196	0.839	0.640	0.565	7.809
28	0.188	4.274	1.119	0.785	0.598	0.528	7.305
28.5	0.176	3.999	1.047	0.734	0.560	0.494	6.834
29	0.165	3.740	0.979	0.687	0.524	0.462	6.393
29.5	0.154	3.499	0.916	0.643	0.490	0.433	5.980
30	0.144	3.273	0.857	0.601	0.458	0.405	5.594
30.5	0.135	3.062	0.802	0.562	0.429	0.379	5.233
31	0.126	2.864	0.750	0.526	0.401	0.354	4.896
31.5	0.118	2.680	0.702	0.492	0.375	0.331	4.580
32	0.110	2.507	0.656	0.460	0.351	0.310	4.284
32.5	0.103	2.345	0.614	0.431	0.328	0.290	4.008
33	0.097	2.194	0.574	0.403	0.307	0.271	3.749
33.5	0.090	2.052	0.537	0.377	0.287	0.254	3.507
34	0.084	1.920	0.503	0.353	0.269	0.237	3.281
34.5	0.079	1.796	0.470	0.330	0.251	0.222	3.069
35	0.074	1.680	0.440	0.308	0.235	0.208	2.871
35.5	0.069	1.571	0.411	0.289	0.220	0.194	2.686

36	0.065	1.470	0.385	0.270	0.206	0.182	2.512
36.5	0.061	1.375	0.360	0.253	0.193	0.170	2.350
37	0.057	1.286	0.337	0.236	0.180	0.159	2.199
37.5	0.053	1.203	0.315	0.221	0.168	0.149	2.057
38	0.050	1.126	0.295	0.207	0.158	0.139	1.924
38.5	0.046	1.053	0.276	0.193	0.147	0.130	1.800
39	0.043	0.985	0.258	0.181	0.138	0.122	1.684
39.5	0.041	0.922	0.241	0.169	0.129	0.114	1.575
40	0.038	0.862	0.226	0.158	0.121	0.107	1.473
40.5	0.035	0.806	0.211	0.148	0.113	0.100	1.378
41	0.033	0.754	0.198	0.139	0.106	0.093	1.289
41.5	0.031	0.706	0.185	0.130	0.099	0.087	1.206
42	0.029	0.660	0.173	0.121	0.092	0.082	1.128
42.5	0.027	0.618	0.162	0.113	0.086	0.076	1.056
43	0.025	0.578	0.151	0.106	0.081	0.071	0.987
43.5	0.024	0.540	0.141	0.099	0.076	0.067	0.924
44	0.022	0.506	0.132	0.093	0.071	0.063	0.864
44.5	0.021	0.473	0.124	0.087	0.066	0.058	0.808
45	0.019	0.442	0.116	0.081	0.062	0.055	0.756
45.5	0.018	0.414	0.108	0.076	0.058	0.051	0.707
46	0.017	0.387	0.101	0.071	0.054	0.048	0.662
46.5	0.016	0.362	0.095	0.067	0.051	0.045	0.619
47	0.015	0.339	0.089	0.062	0.047	0.042	0.579
47.5	0.014	0.317	0.083	0.058	0.044	0.039	0.542
48	0.013	0.296	0.078	0.054	0.042	0.037	0.507

#### 4.12 Analisa Hidrolika

Analisa hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Dalam studi ini perhitungan kapasitas DAS Kali Gunting menggunakan pemodelan HEC-RAS 5.0.3 Dengan analisa ini dapat diketahui elevasi muka air pada penampang saat suatu debit air pada DAS tersebut.

Data-data yang diperlukan dalam analisa penampang sungai dengan bantuan *software* HEC-RAS adalah:

1. Penampang memanjang sungai
2. Potongan melintang sungai
3. Data debit yang melalui sungai
4. Angka *manning* penampang sungai

Analisa hidrolika ini terdiri dari analisa penampang

eksisting sungai dan analisa penampang rencana.

#### 4.13 Analisa HEC-RAS

Analisa penampang eksisting dengan menggunakan HEC-RAS bertujuan untuk mengetahui kondisi eksisting dari DAS Kali Gunting. Dengan menggunakan modul aliran *unsteady flow data* maka dapat diketahui profil dari muka air saat terjadi banjir.

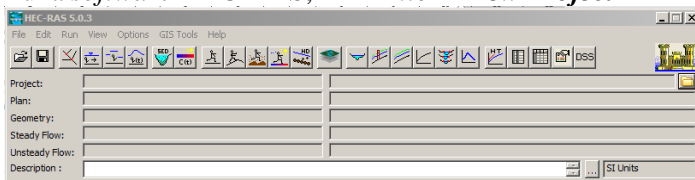
Untuk membuat model aliran eksisting, input data yang digunakan untuk analisa ini adalah :

1. Data Geometri.  
Data penampang memanjang dan melintang sungai
2. Data debit sungai  
Data debit sungai yang masuk ke DAS Kali Gunting
3. Data Hidrolika.  
Yaitu koefisien *manning* (n) merupakan parameter yang menunjukkan kekasaran dasar sungai dan tanggul kanan kiri.

Pada analisa penampang eksisting dengan menggunakan simulasi aliran tidak tetap (*unsteady flow simulation*) menggunakan data debit sungai yang masuk ke DAS Kali Gunting sebagai input.

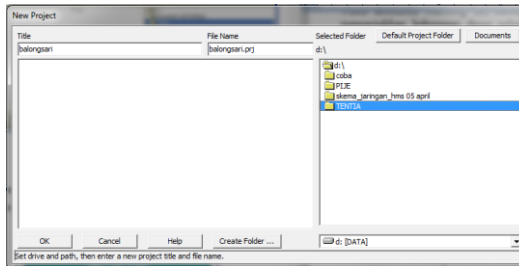
Berikut ini adalah langkah-langkah yang harus dilakukan untuk analisa penampang eksisting:

1. Membuat *project* baru  
Buka *software* HEC-RAS, klik **File** → **New Project**



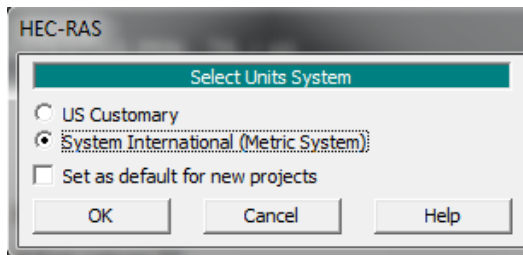
Gambar 4.3 Tampilan HEC-RAS

Masukkan nama *project*, kemudian pilih lokasi penyimpanan file pemodelan HEC-RAS tersebut.



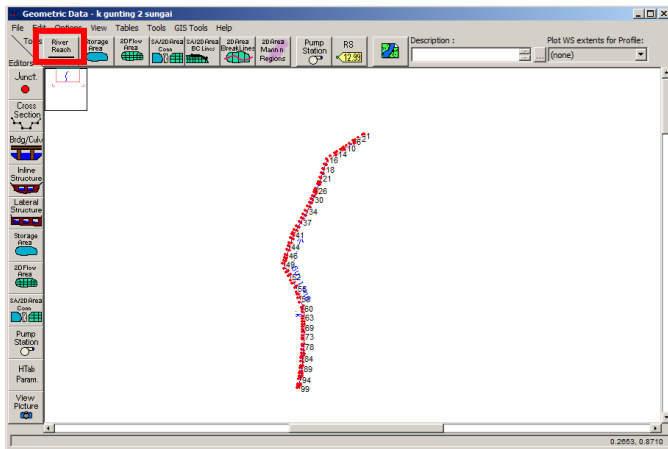
Gambar 4.4 Tampilan Input *New Project*

2. Pilih *Options* → *Unit System* pilih sistem Internasional untuk membuat data dalam satuan SI, kemudian klik OK.



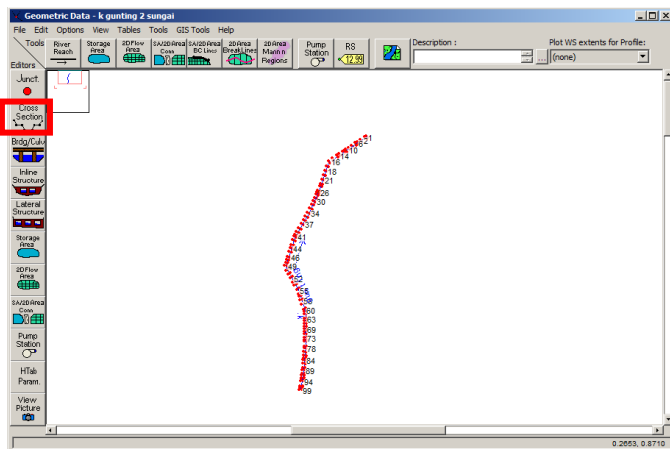
Gambar 4.5 Tampilan *Unit System*

3. Sket sungai yang akan di Analisa dengan pilih opsi **Reach**



Gambar 4.6 Tampilan Hasil Sket Kali Gunting

4. Input data *cross section* saluran  
Untuk memasukkan data *cross section* tiap saluran, klik *cross section* pada *geometric data*

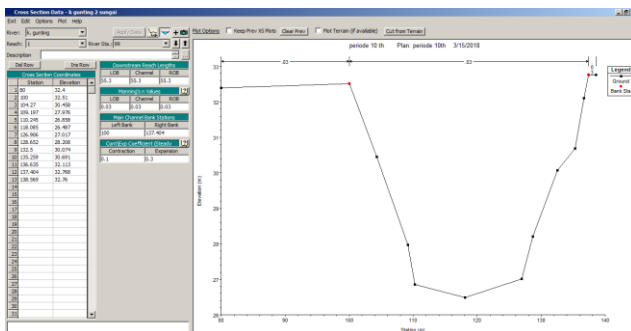


Gambar 4.7 Tampilan Edit Cross Section

Pilih *Cross Section*→*Options*→*Add new cross section*. Masukkan data untuk masing-masing cross section yang meliputi:

- River Sta** : Nama potongan melintang, diisi dengan angka yang berurutan.
- Station** : Jarak kumulatif antara titik elevasi potongan dari titik paling pinggir yang bernilai 0.
- Elevation** : Elevasi titik pada *station*.
- Downstream reach length** : Jarak tiap potongan melintang sungai dengan potongan melintang sebelumnya.
- Manning's value** : Nilai angka manning saluran.
- Main Channel Bank Station** : Station titik saluran utama sungai.
- Cont/Exp Coefficients** : Koefisien kontraksi dan ekspansi (otomatis akan mengisi sendiri).

Dalam tugas akhir ini, untuk penomoran *River Sta* angka 0 dimulai dari hilir, dan angka terbesar menunjukkan daerah hulu. Setelah semua data diisi, klik *apply data*. Kemudian akan muncul bentuk penampang sesuai dengan data *cross section* yang dimasukkan.

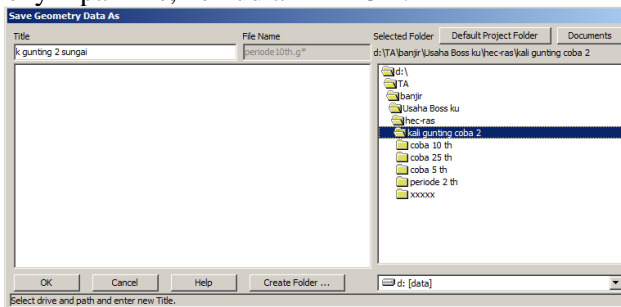


Gambar 4.8 Tampilan *Cross Section Data*

##### 5. Menyimpan data *cross section* saluran

Jika semua penampang *cross section* sudah dibuat, Klik

**Exit.** Kemudian akan kembali ke layar editor *Geometric Data* seperti pada gambar 5.4. Kemudian klik **File**→**Save Geometry Data**. Isikan nama pada *Title*. Pilih tempat menyimpan file, kemudian klik OK.

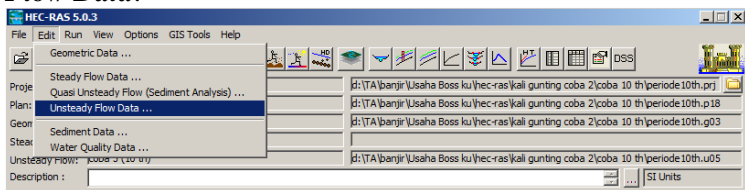


Gambar 4.9 Tampilan Penyimpanan *Cross Section*

#### 6. Input data debit (*Unsteady Flow Data*)

Data debit diperoleh dari perhitungan menggunakan Microsoft Excel. Debit yang dimasukkan pada HEC-RAS adalah debit hidrograf pada sungai tersebut.

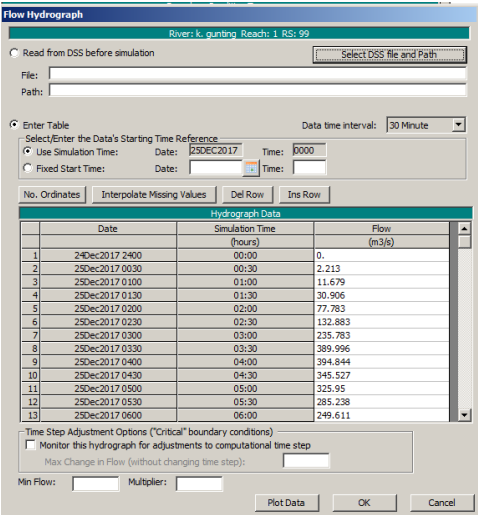
Untuk memasukkan data debit pilih menu **Edit**→**Unsteady Flow Data**.



Gambar 4.101 Memilih *Unsteady Flow Data*

Pilih **Boundary Conditions** pada hulu sungai. Di tugas akhir ini digunakan **Flow Hydrograf**. Isikan data debit hidrograf pada kotak *flow*.





Gambar 4.11 Debit yang Masuk pada Kali Gunting

Pilih **Boundary Conditions** pada hilir sungai. Di tugas akhir ini digunakan **Stage Hydrograf**.

**Stage Hydrograph**

River: k. gunting Reach: 1 RS: 0

☐ Read from DSS before simulation Select DSS file and Path

File:

Path:

☒ Enter Table Data time interval: 30 Minute

Select/Enter the Data's Starting Time Reference

☒ Use Simulation Time: Date: 30MAY2018 Time: 0000

☐ Fixed Start Time: Date:  Time:

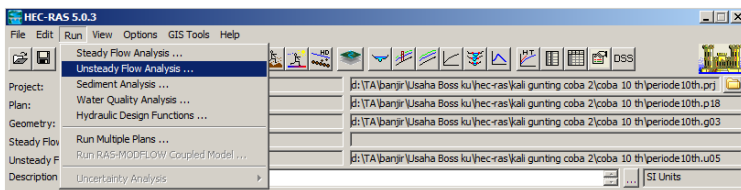
No. Ordinates Interpolate Missing Values Del Row Ins Row

Hydrograph Data			
	Date	Simulation Time (hours)	Stage (m)
1	29May2018 2400	00:00	22
2	30May2018 0030	00:30	22.25
3	30May2018 0100	01:00	22.50
4	30May2018 0130	01:30	22.75
5	30May2018 0200	02:00	23.00
6	30May2018 0230	02:30	23.25
7	30May2018 0300	03:00	23.50
8	30May2018 0330	03:30	23.75
9	30May2018 0400	04:00	24.00
10	30May2018 0430	04:30	24.25
11	30May2018 0500	05:00	24.50
12	30May2018 0530	05:30	24.75
13	30May2018 0600	06:00	25.00
14	30May2018 0630	06:30	25.25
15	30May2018 0700	07:00	25.50
16	30May2018 0730	07:30	25.75

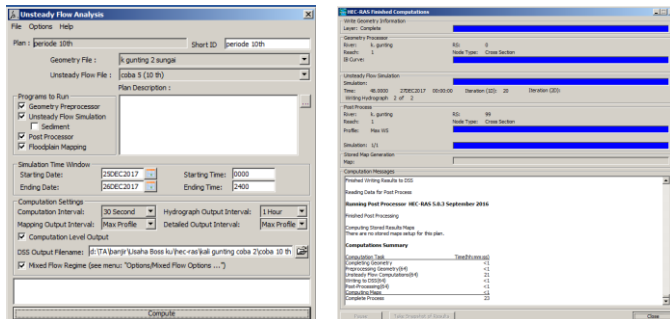
Gambar 4.12 Tampilan *Boundary Condition* hilir Kali Gunting

## 7. Run program

Setelah semua data selesai dimasukkan, pilih **Run** → **Unsteady Flow Analysis**.



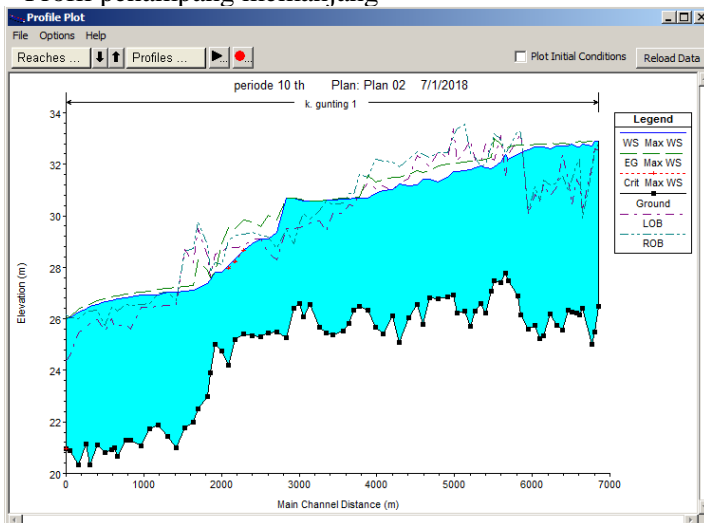
Gambar 4.12 Memilih *Run Unsteady Flow Analysis*



Gambar 4.12 Tampilan *Run Unsteady Flow Analysis*

Pada gambar 4.12 pilih *Compute*, dan program akan menghitung data yang sudah kita input. Output yang dihasilkan yaitu profil muka air, kecepatan aliran, dan kapasitas tampungan sungai, sehingga kita dapat mengetahui daerah-daerah yang mengalami banjir.

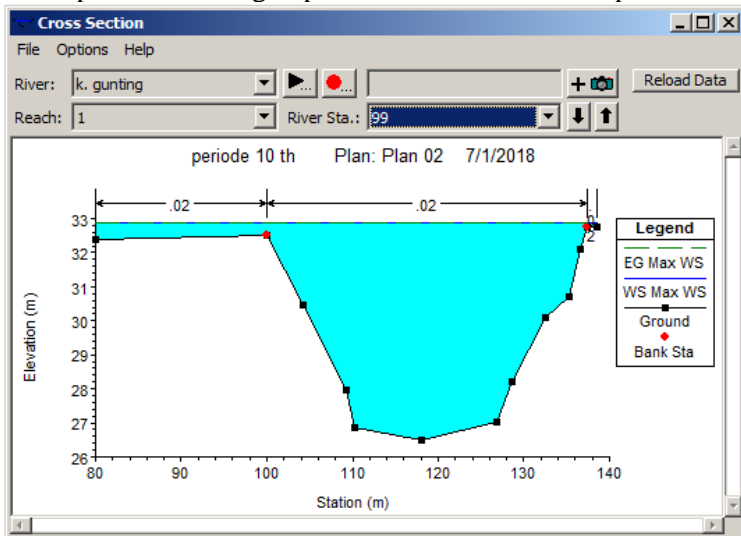
8. *Output data*
- a. *Profil penampang memanjang*



Gambar 4.13 Hasil *Running Penampang Memanjang Kali Gunting*

b. Profil penampang melintang (*cross section*)

Untuk profil melintang tiap *cross section* akan dilampirkan.



Gambar 4.14 Profil Penampang Melintang Eksisting Kali Gunting STA 99

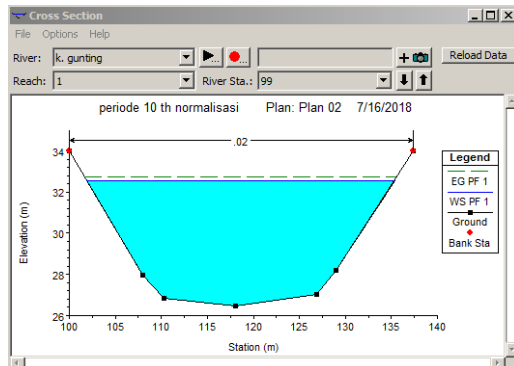
Setelah dilakukan *running* program HEC-RAS ternyata terdapat penampang eksisting sungai yang tidak dapat menampung debit banjir, maka direncanakan normalisasi sungai. Cara normalisasi sungai dilakukan untuk mengatasi banjir yaitu dengan memperbesar atau mendesain ulang penampang.

#### 4.14 Analisa Penampang Rencana

Perencanaan analisa penampang diperlukan data penampang sungai, dimana kapasitas sungai tersebut tidak mampu menampung debit yang masuk kedalam sungai tersebut. Adapun perencanaan analisa penampang yang dilakukan berupa penambahan tinggi tanggul pada beberapa potongan melintang sungai, pengurukan dasar sungai, atau melebarkan penampang sungai sesuai dengan kondisi eksisting.

- Potongan Melintang (*Cross Section*)

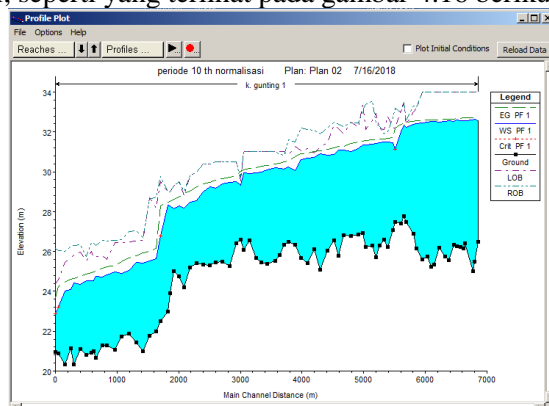
Berupa tampilan elevasi muka air yang sudah dinormalisasi pada tiap-tiap penampang melintang, seperti yang terlihat pada gambar 4.14 berikut ini :



Gambar 4.15 Profil Penampang Melintang Kali Gunting STA 99 Setelah Normalisasi

- Potongan Memanjang (*Long Section*)

Berupa tampilan memanjang permukaan air sungai setelah dinormalisasi, seperti yang terlihat pada gambar 4.16 berikut ini :



Gambar 4.16 Profil Penampang Memanjang Kali Gunting Setelah Normalisasi

Penanggulangan banjir pada Kali Gunting didasarkan pada kondisi eksisting sungai, dimana pada tiap-tiap penampang stasion untuk plengsengan penampangnya ada yang terbuat dari tanah dan juga terbuat dari pasangan batu kali. Penetapan penggunaan plengsengan tergantung dari kondisi di sekitar lokasi tersebut. Seperti pada penampang STA 99.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan analisis dan perhitungan yang telah dibahas di bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Daerah Aliran Sungai (DAS) Kali Gunting sebesar 240 km<sup>2</sup>.
- b. Dalam perhitungan debit dengan hidrograf Nakayasu didapat  $Q_{10} = 394 \text{ m}^3/\text{dt}$ . Jumlah tersebut merupakan debit terbesar yang masuk ke Kali Gunting.
- c. Pada daerah aliran Kali Gunting bila terjadi debit dengan periode ulang 10 tahun dengan kondisi eksisting yang ada, kapasitas sungai tidak mampu menampung debit banjir rencana.
- d. Dengan cara normalisasi yang berupa penambahan tinggi tanggul, dan pelebaran penampang sungai mampu menampung debit banjir rencana.

#### **5.2. Saran**

Berikut adalah saran yang bisa menjadi pertimbangan bagi penyelesaian permasalahan yang ada namun tidak terlalu banyak dibahas dalam laporan Tugas Akhir ini:

- a. Kapasitas Kali Gunting tidak cukup untuk menampung debit banjir periode ulang 10 tahun, sehingga perlu diadakan usaha normalisasi sungai atau pembuatan tanggul;
- b. Pemeliharaan secara berkala terhadap Kali Gunting dengan cara melakukan pengerukan untuk mengangkat lumpur ataupun sampah yang mengganggu laju aliran sungai.
- c. Pegaturan tata guna lahan.



*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

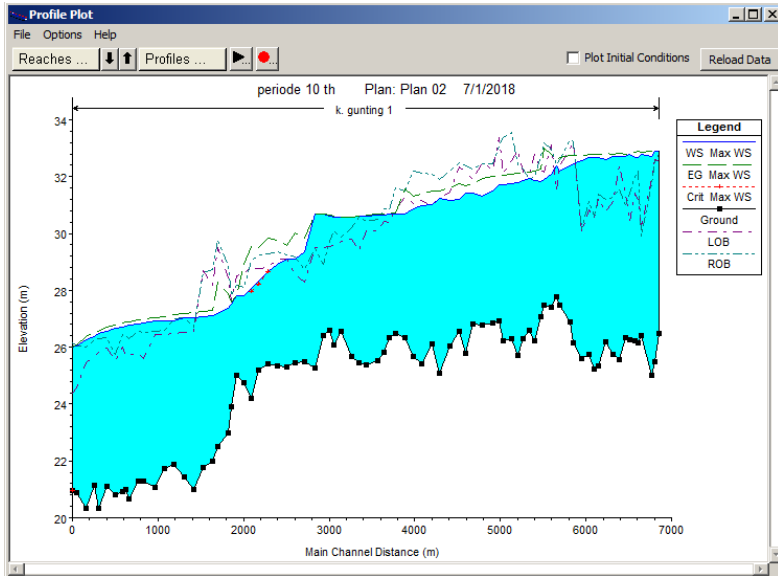
## DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, Nadjadji. 2012. *Rekayasa Sumber Daya Air*. Surabaya : Teknik Sipil ITS.
- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*. Jakarta : Penerbit Usaha Nasional
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 1*. Bandung : Bandung Nova
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid 2*. Bandung : Bandung Nova
- Sumber Daya Air, Dirjen. 2010. *Standar Perencanaa Irigasi. Kriteria Perencanaan Bagian Saluran KP-03*. PU
- Suripin, 2004. *Sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI
- Afrizal, Alief Nur. 2010. *Hidrograf Satuan Sintetis*.
- Bruner, Gary W. 2016. *HEC-RAS 5.0 Application Guide*. Davis: US Army Corps of Engineers.
- Istiarto. 2014. *HEC-RAS Dasar: Simple Geometry River*

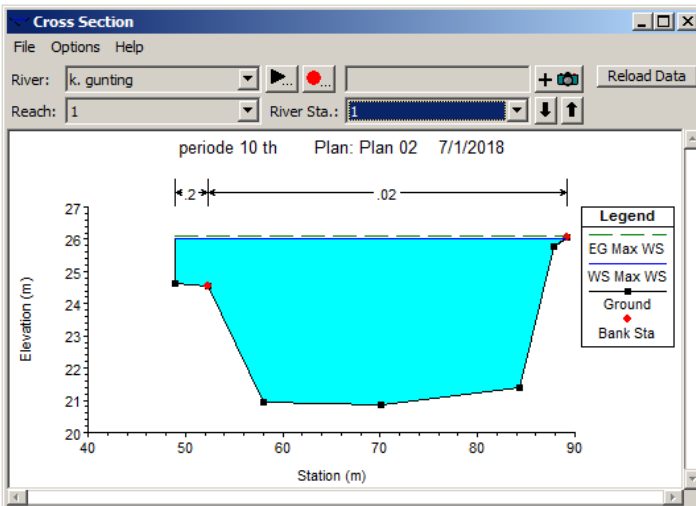
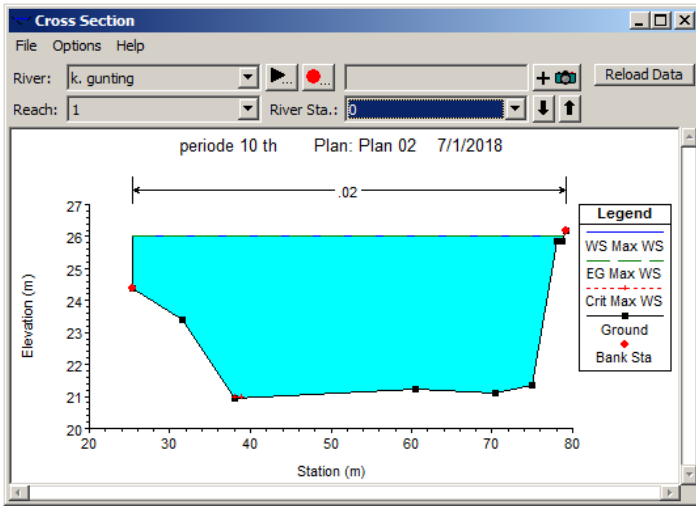
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

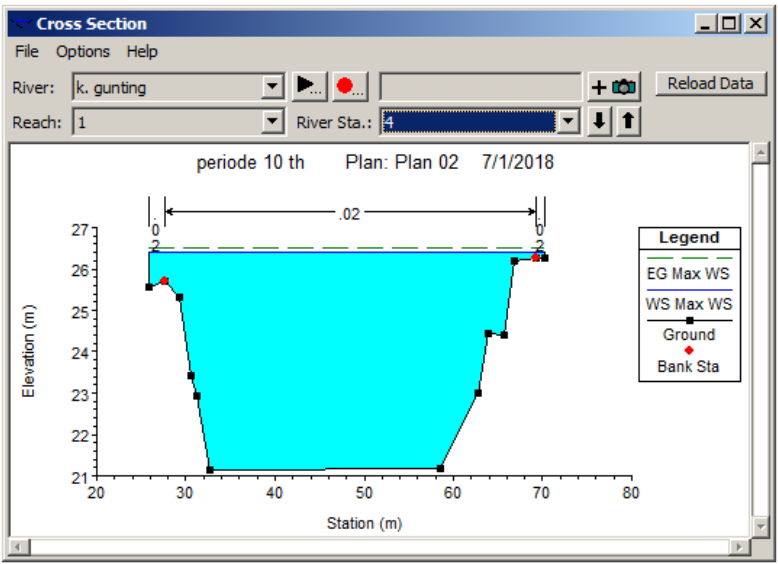
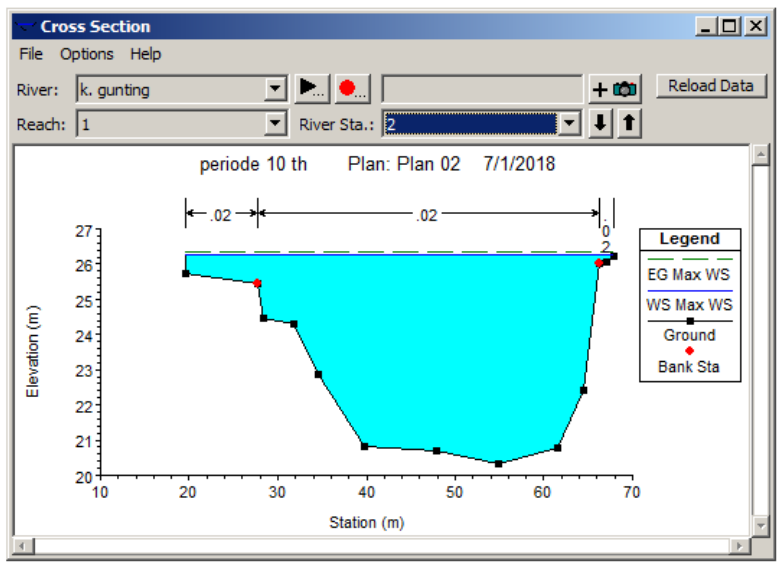
## LAMPIRAN

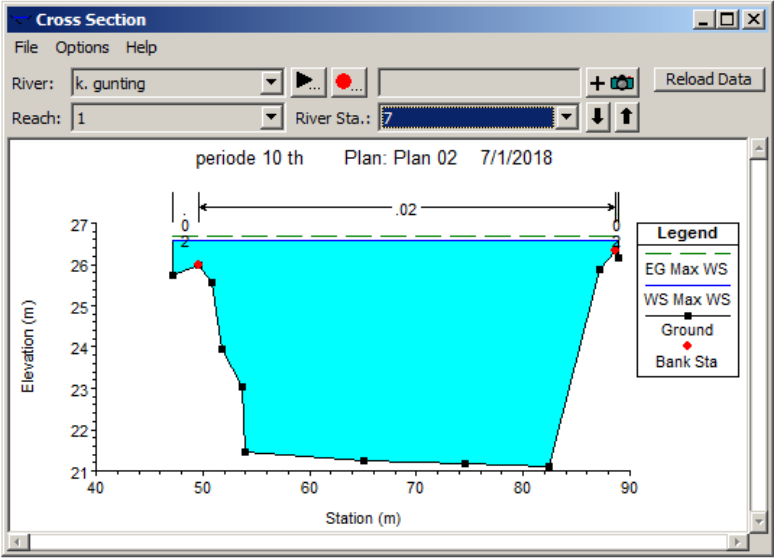
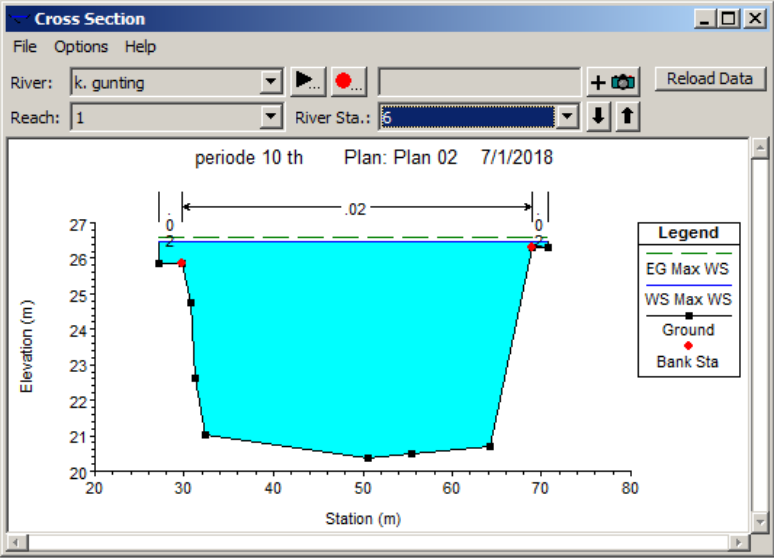
### 1. Hasil Analisis HEC-RAS Penampang Memanjang Eksisting.

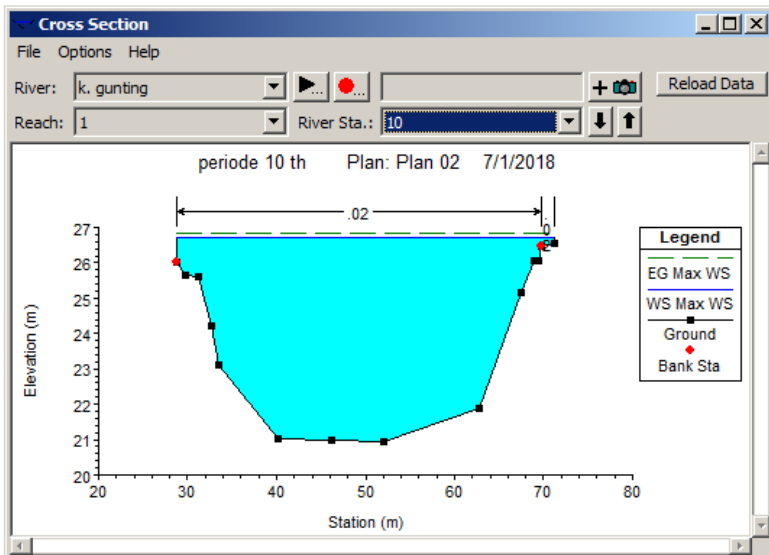
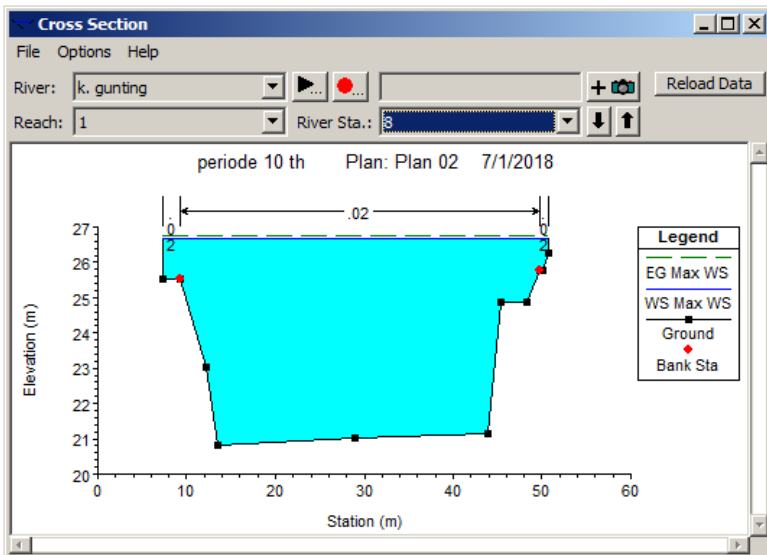


## 2. Hasil Analisis HEC-RAS Penampang Melintang Eksisting RS 0 - 99.

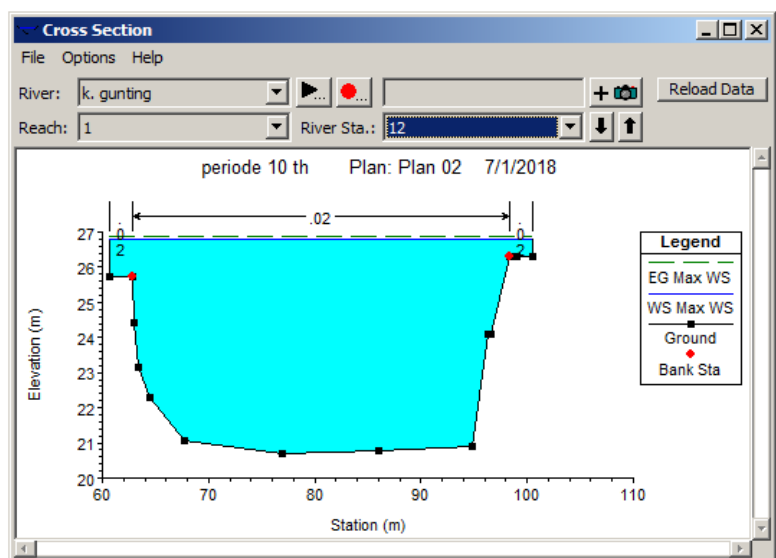
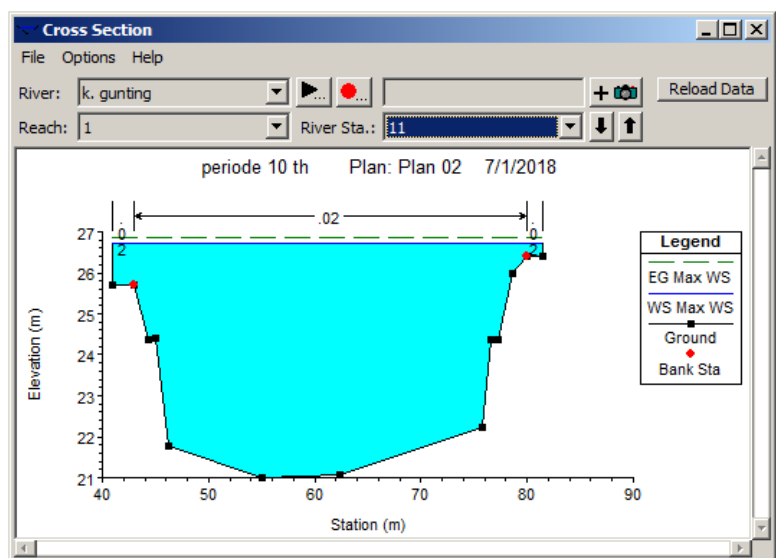


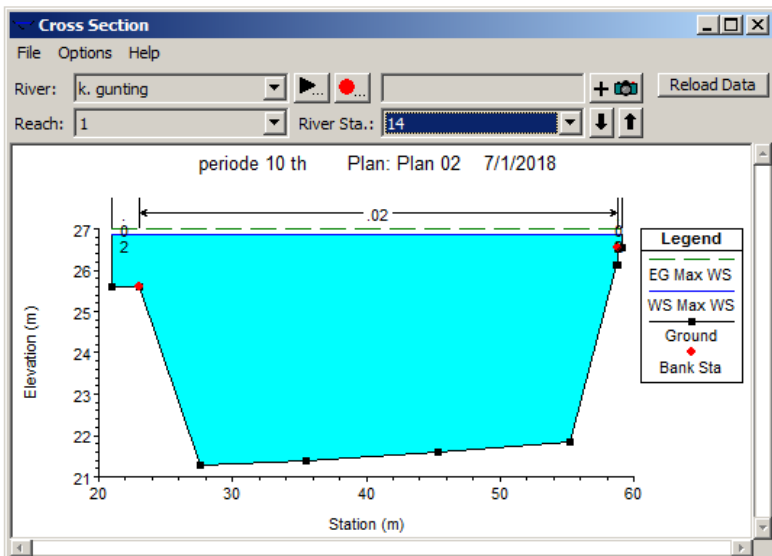
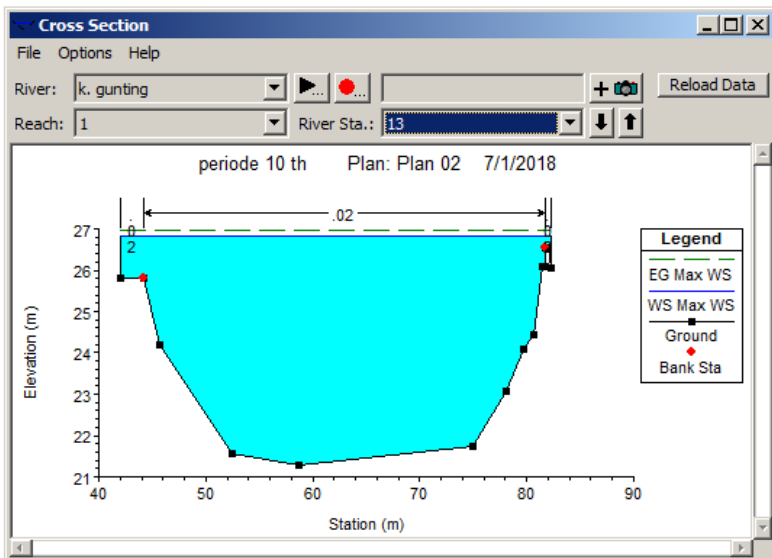


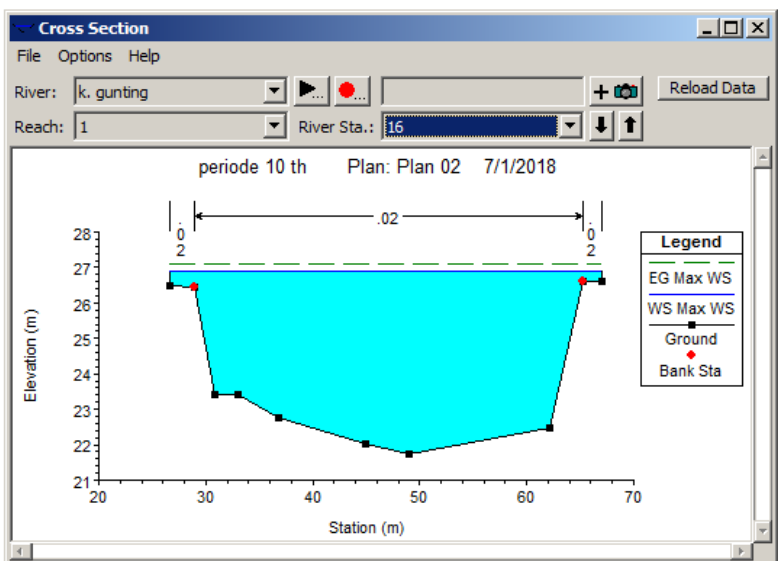
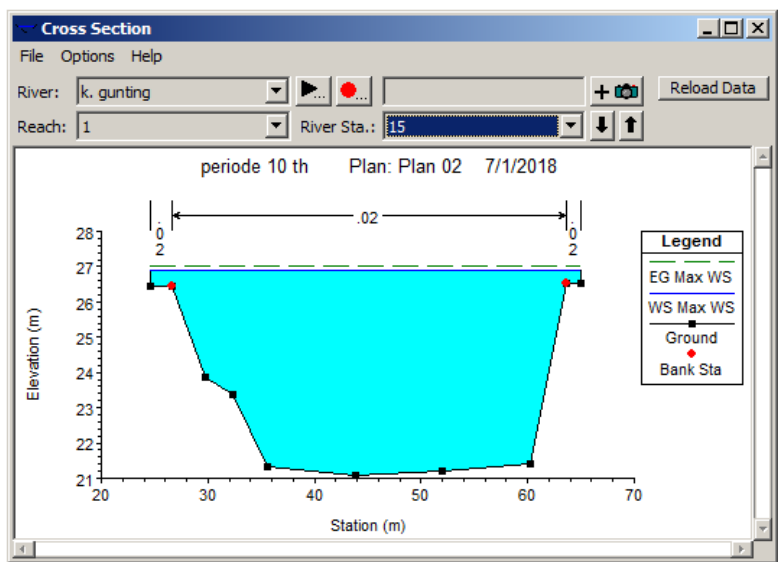


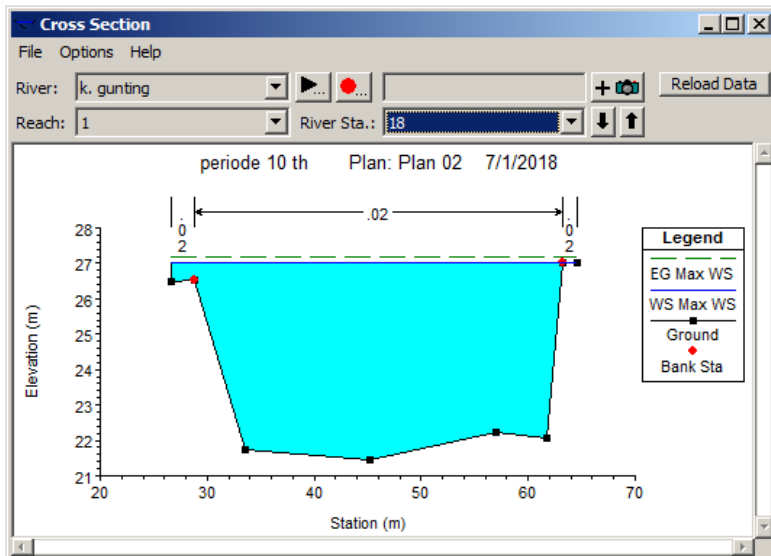
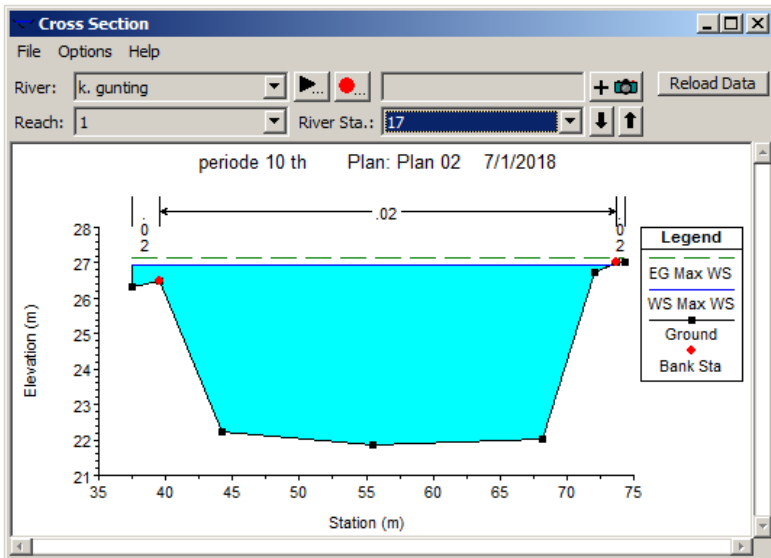


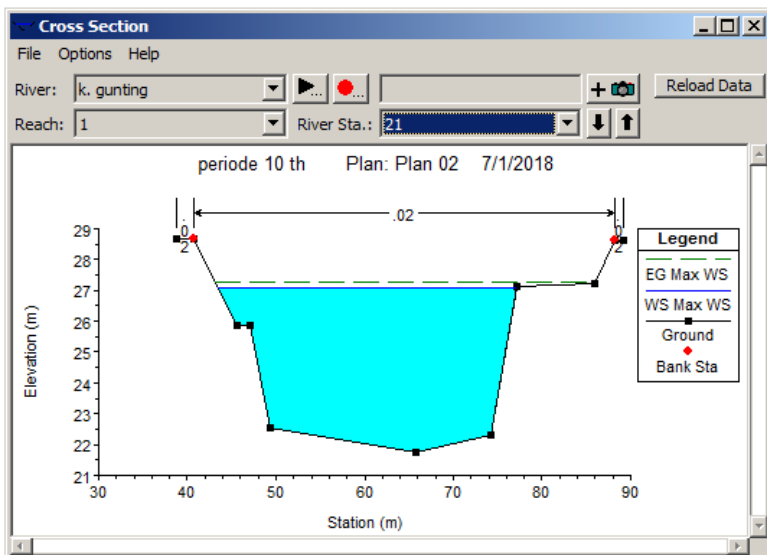
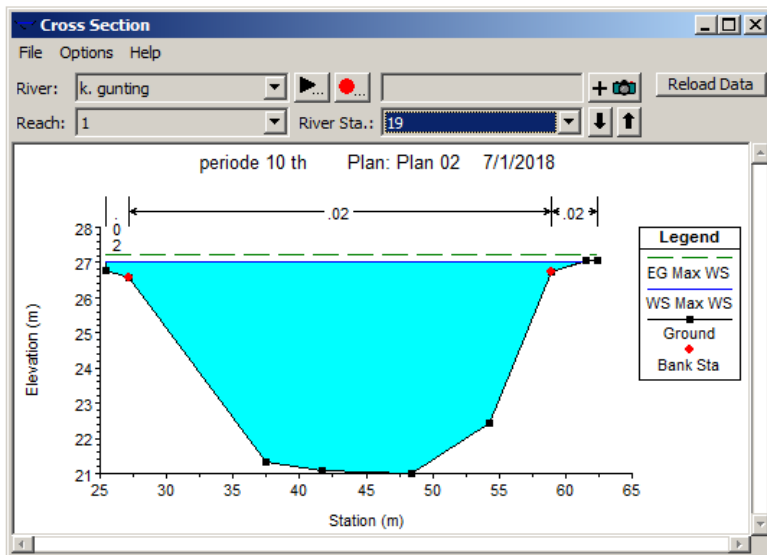


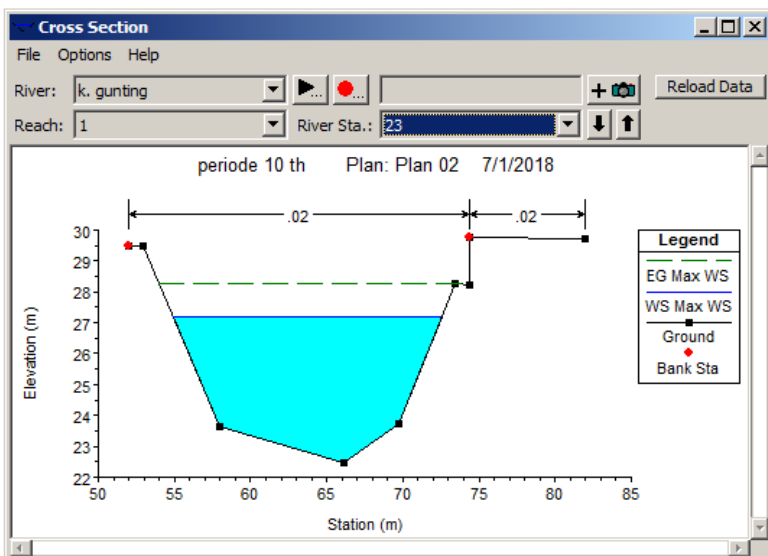
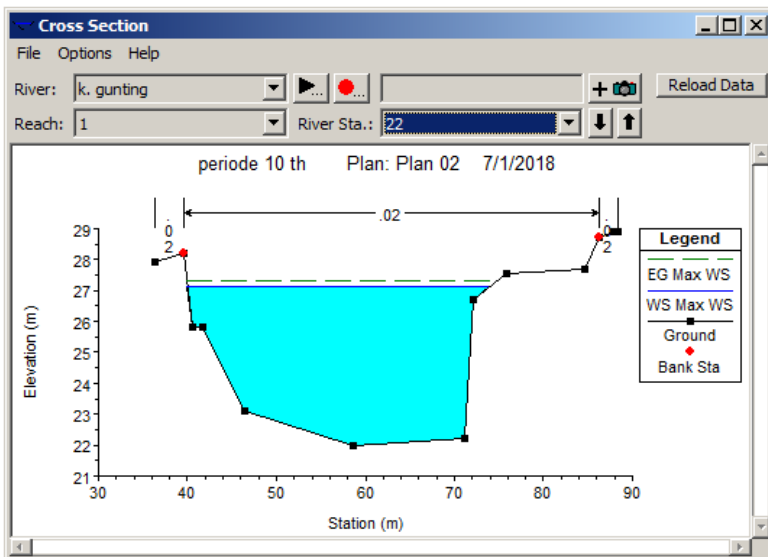


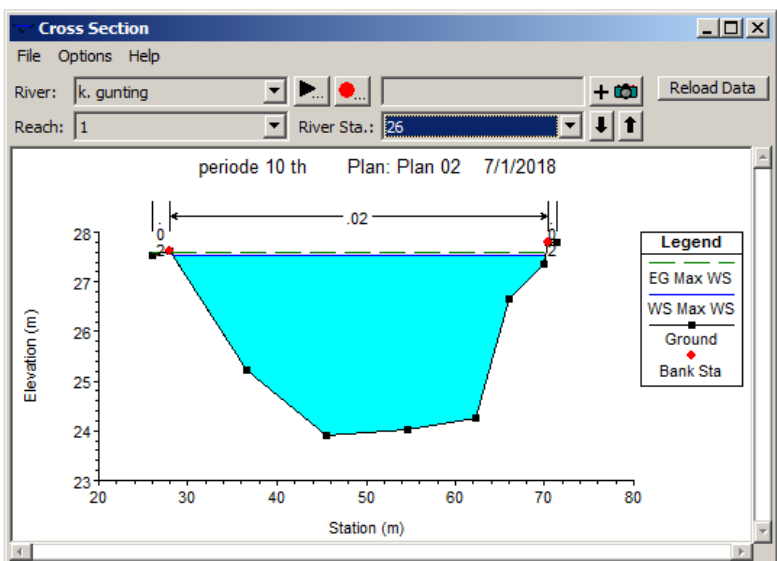
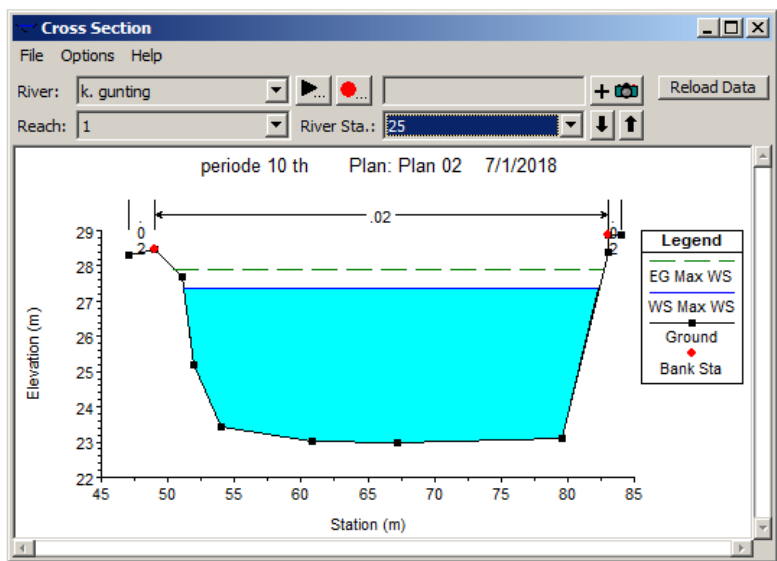


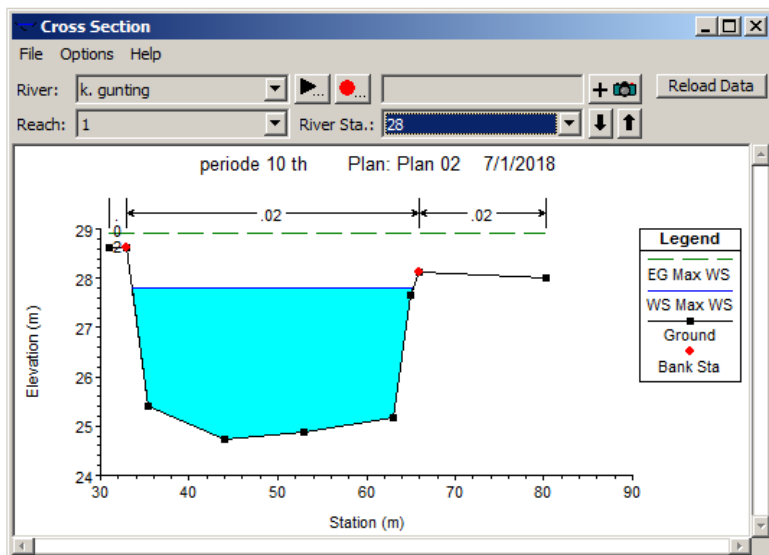
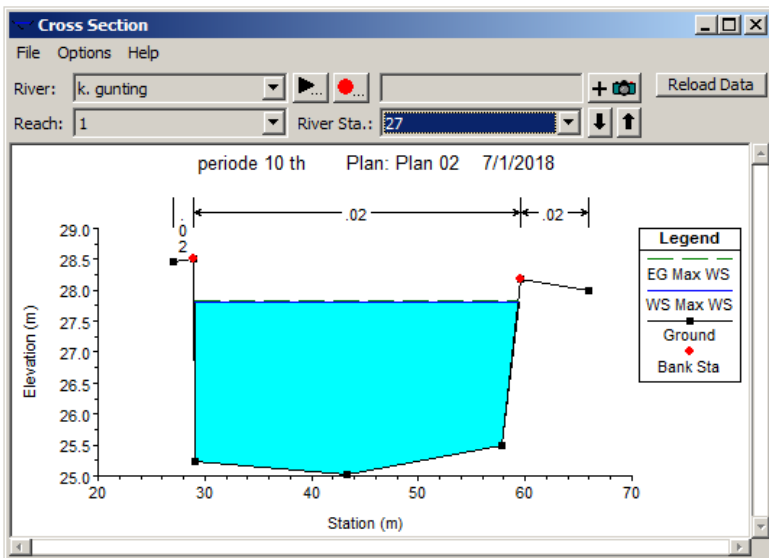




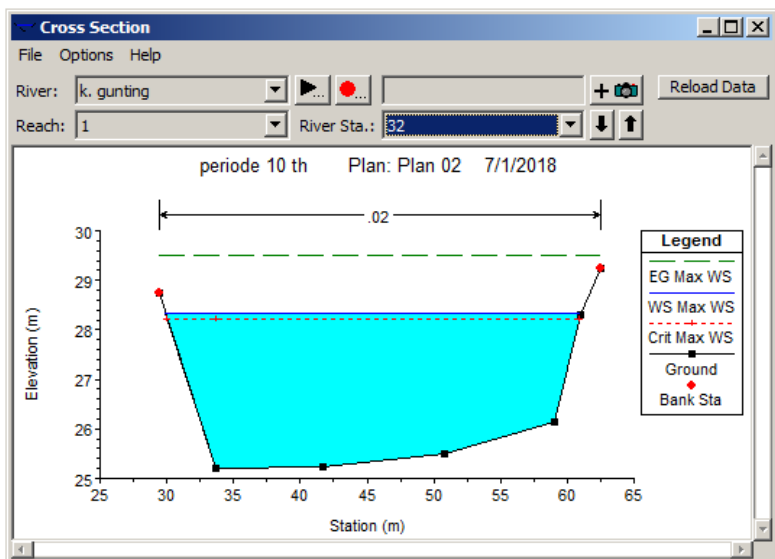
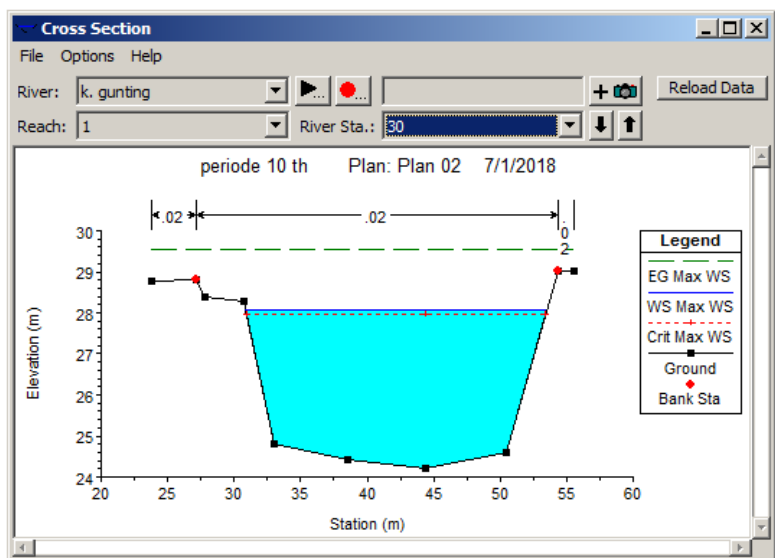


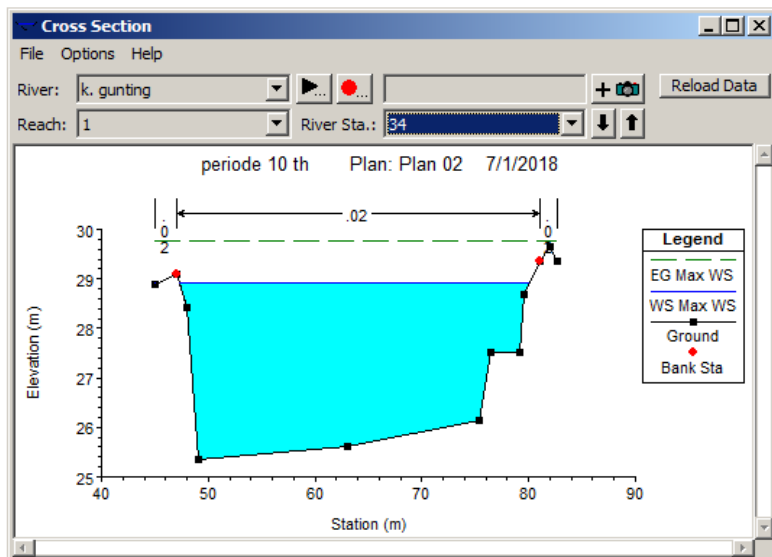
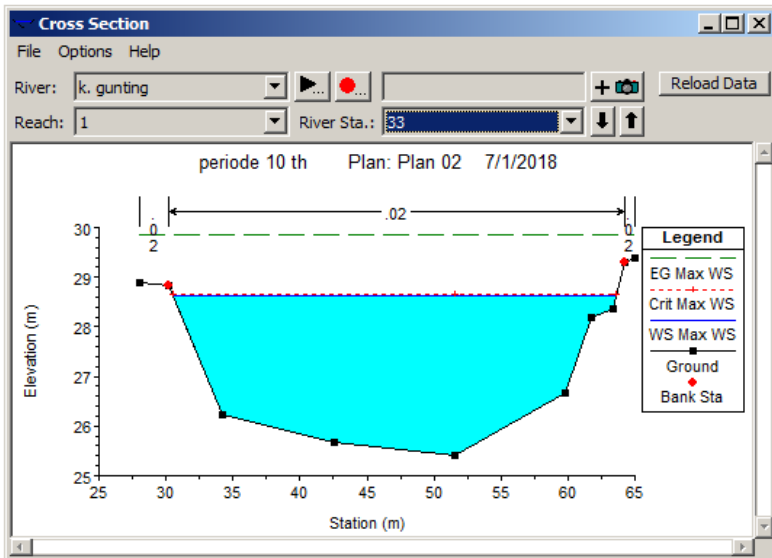


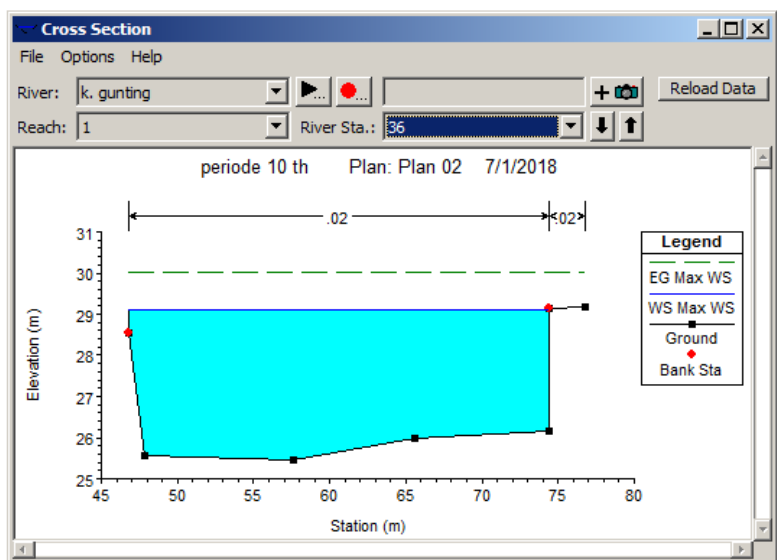
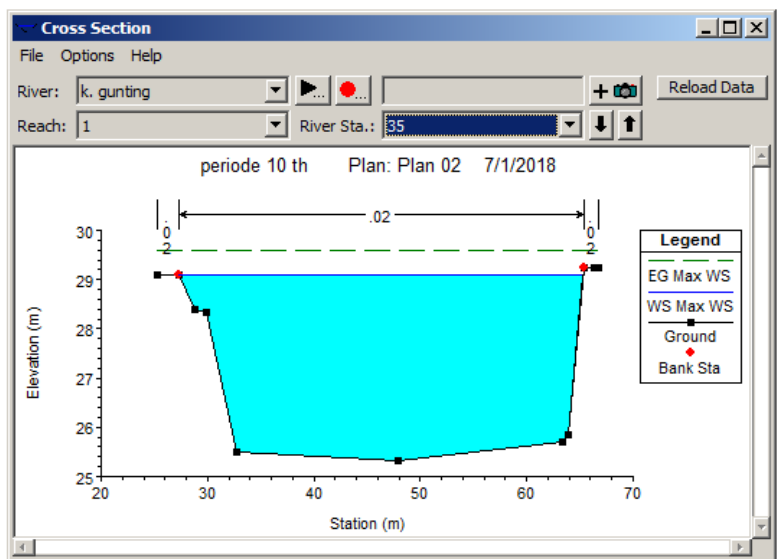


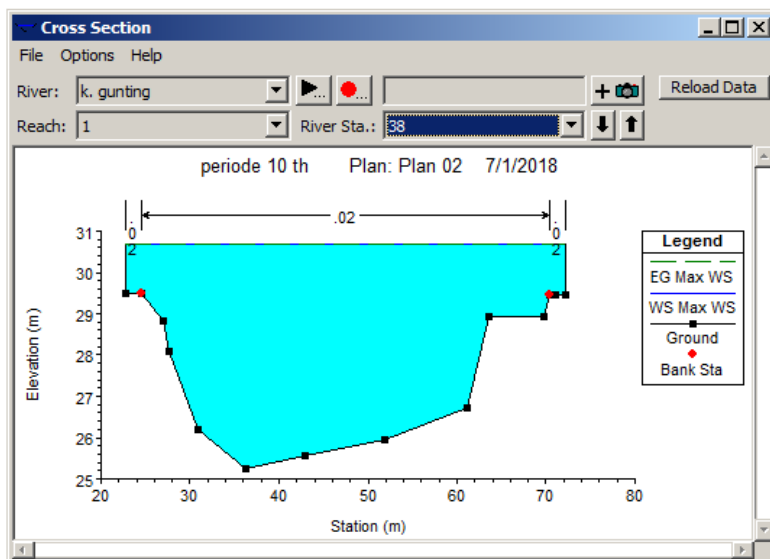
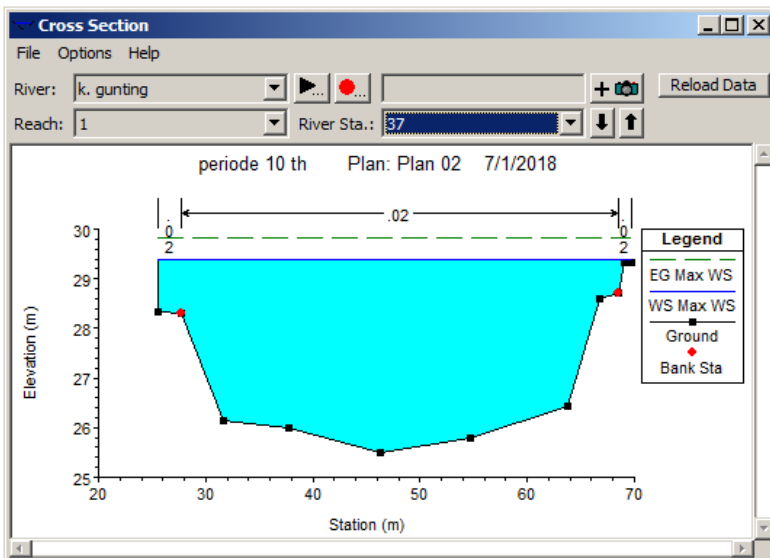


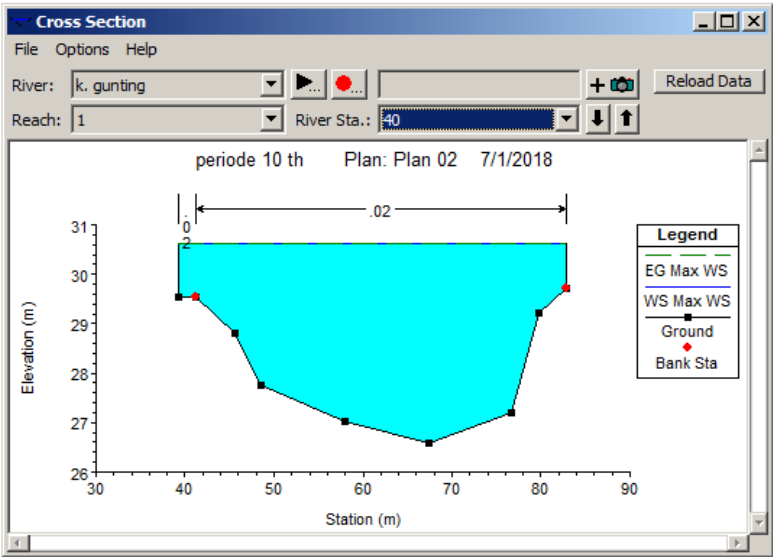
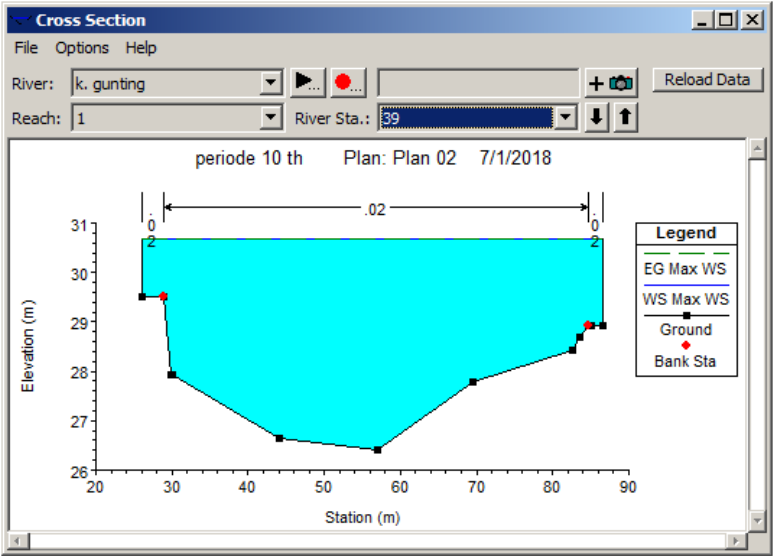


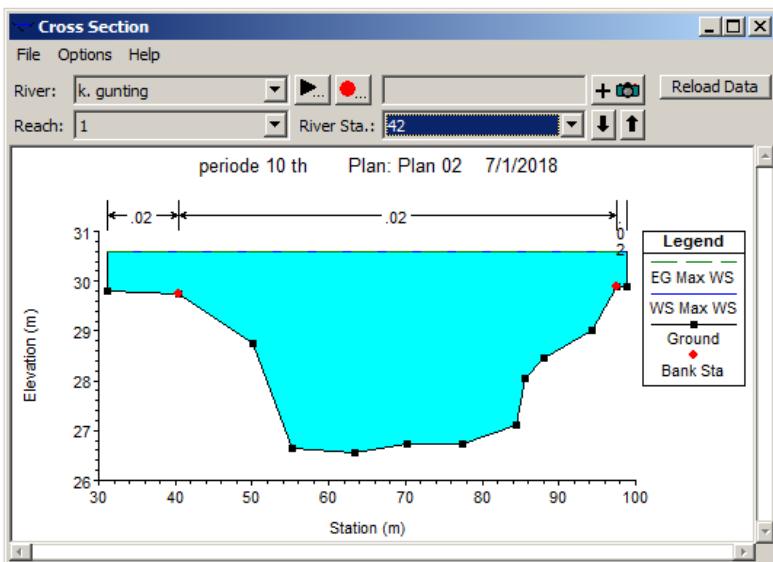
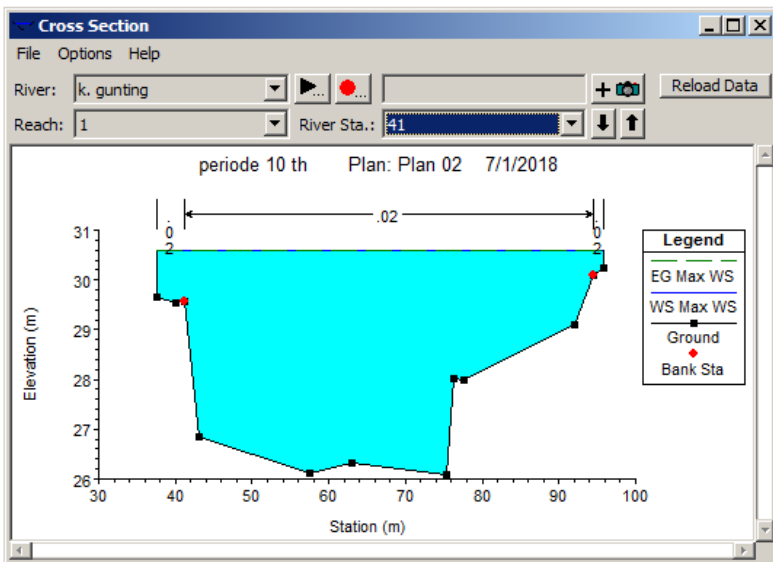


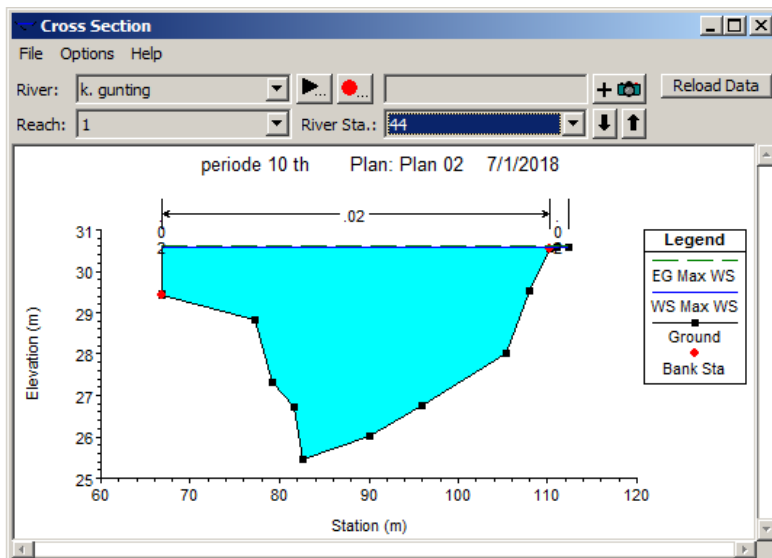
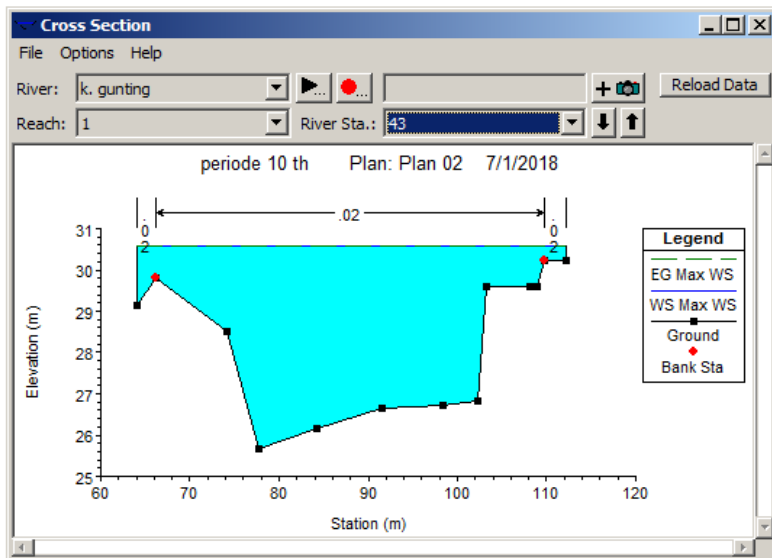


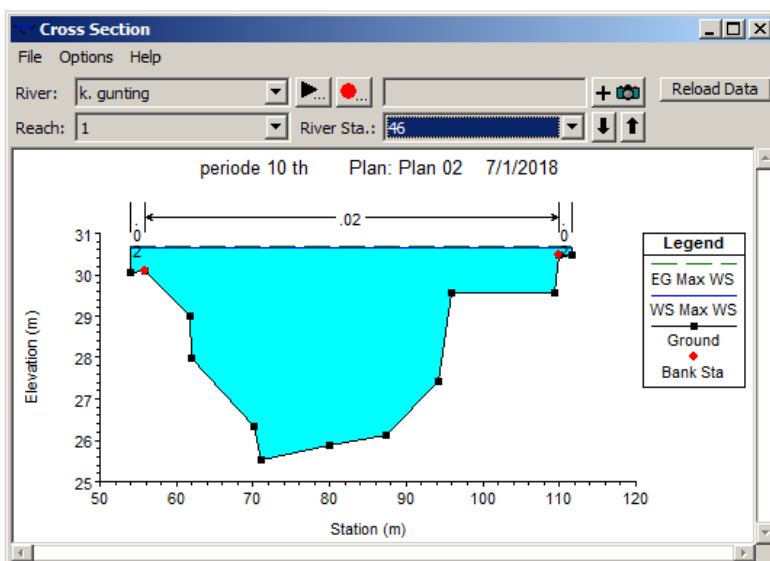
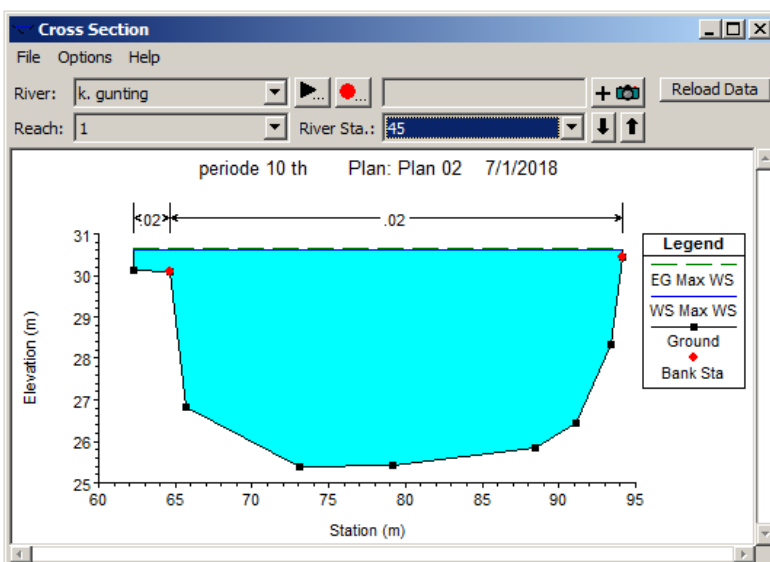




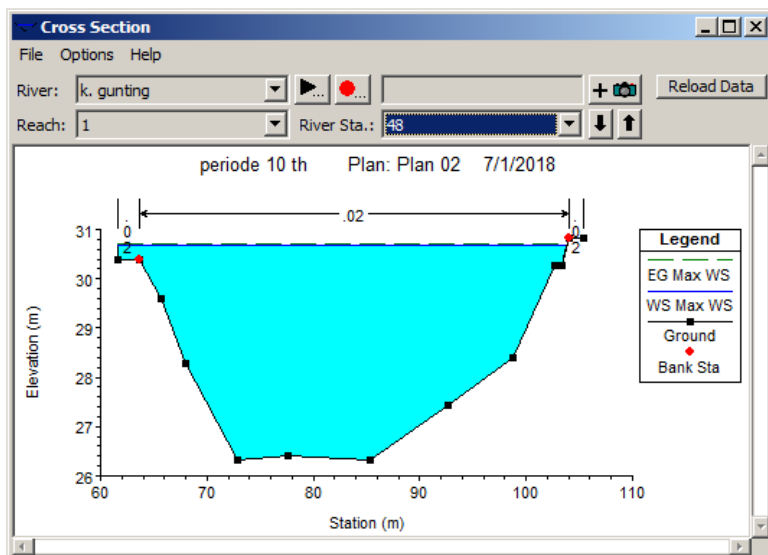
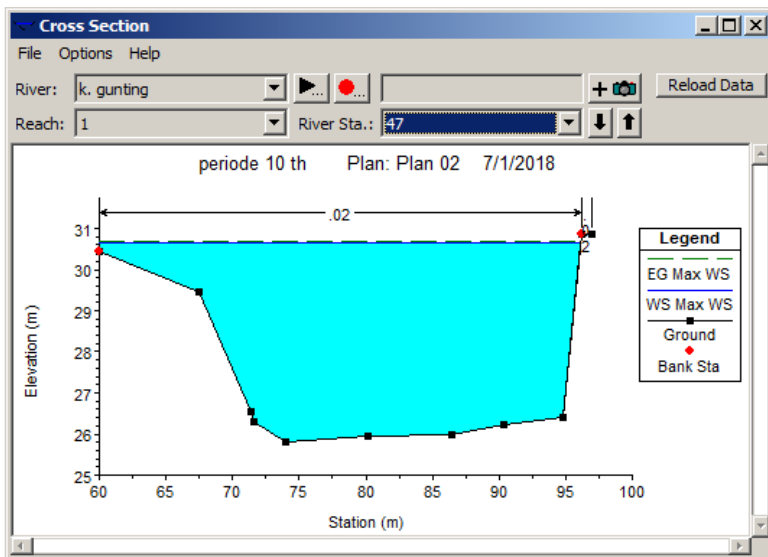


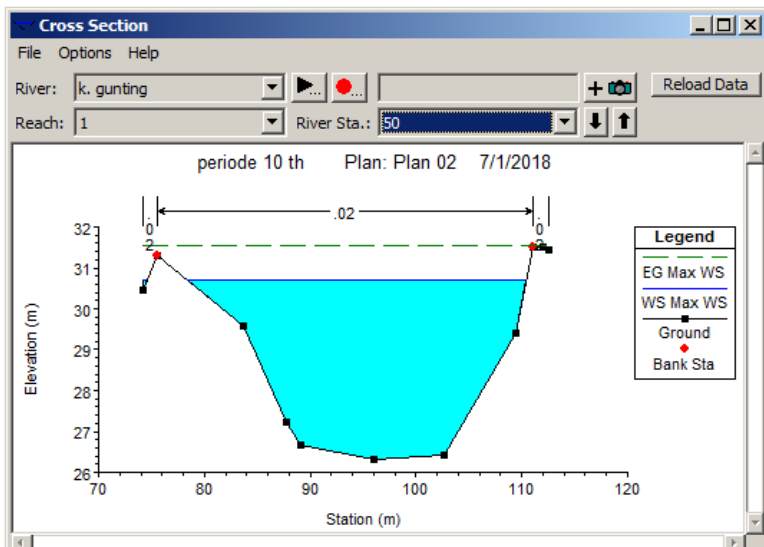
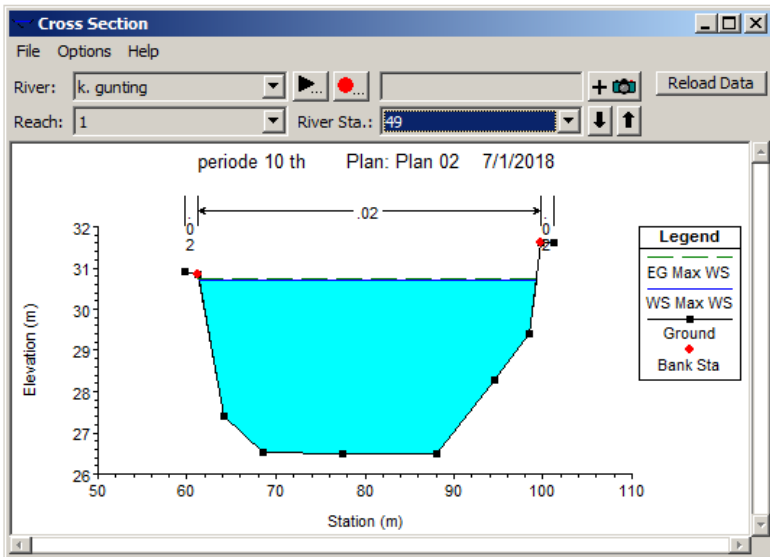


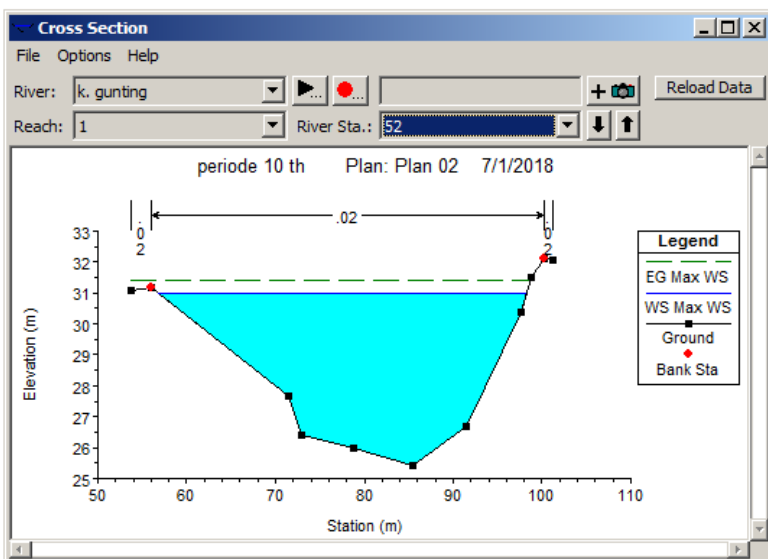
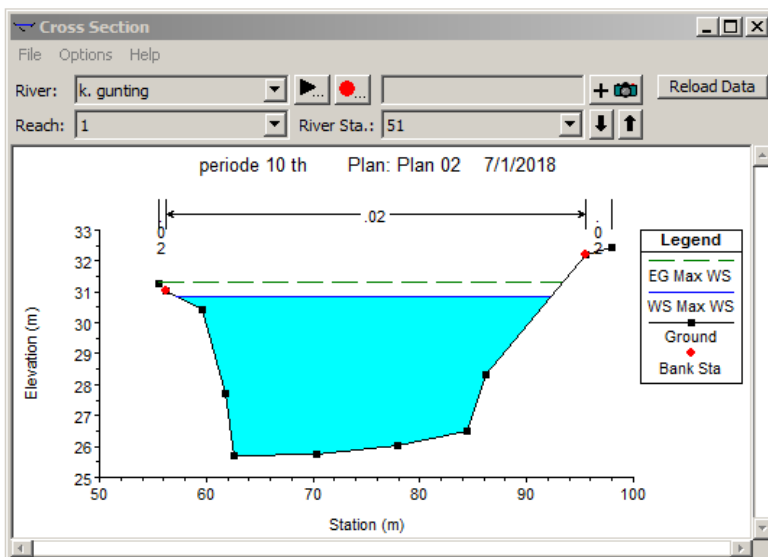


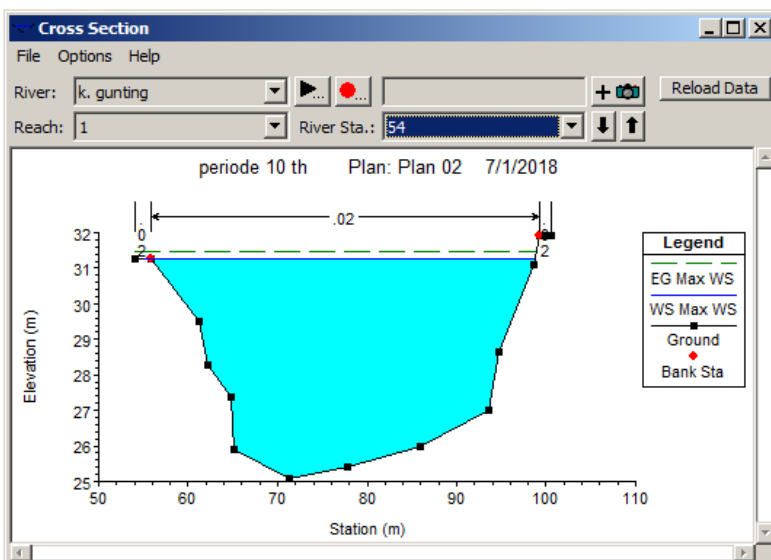
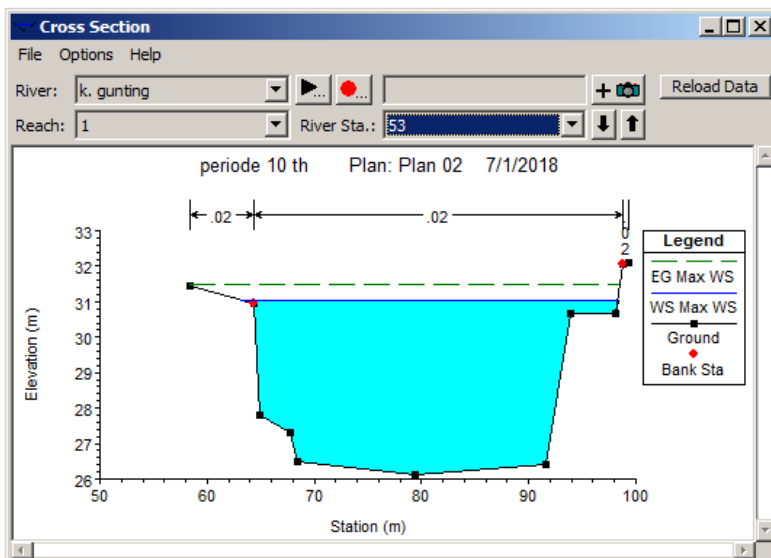


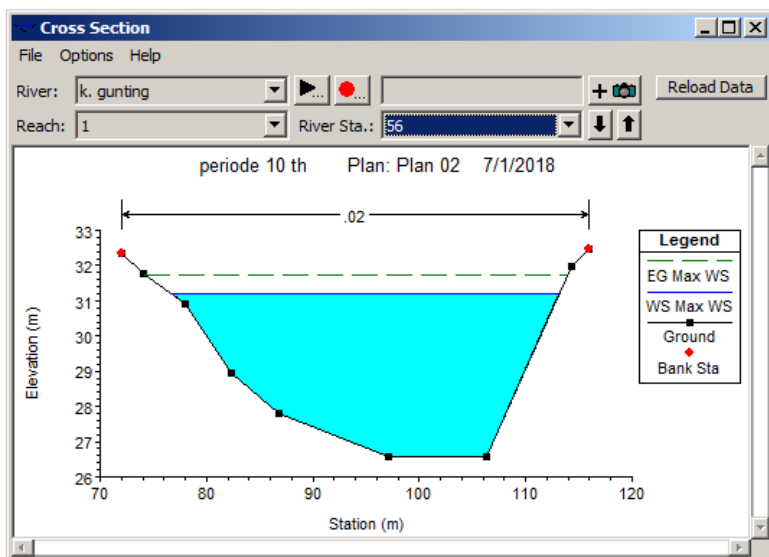
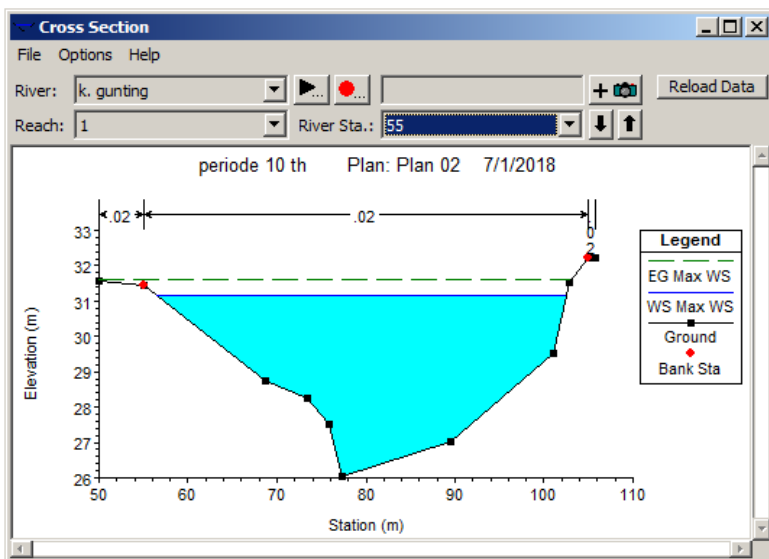


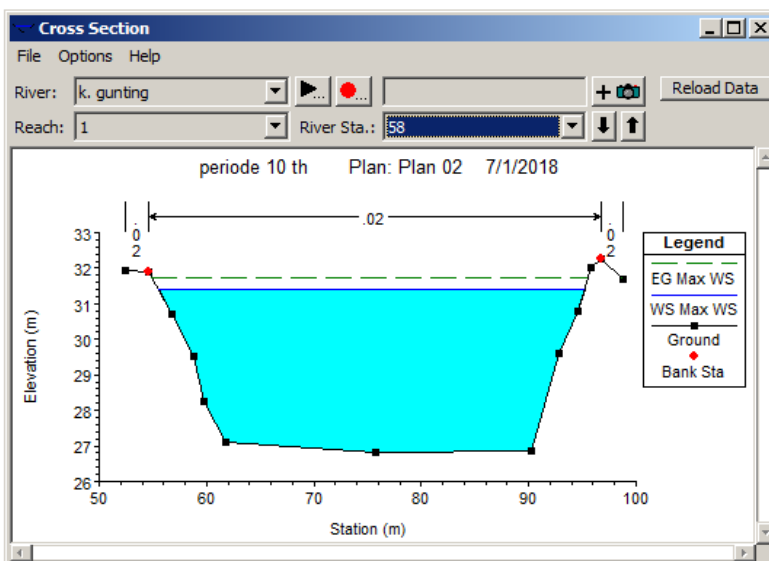
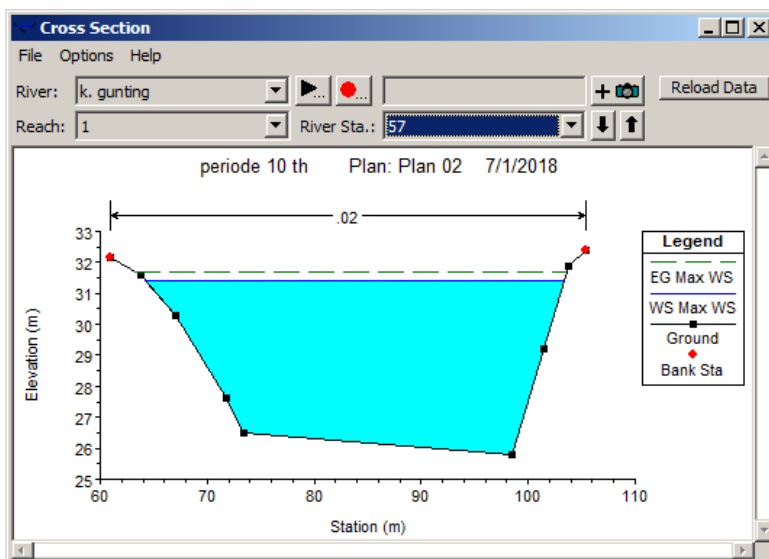


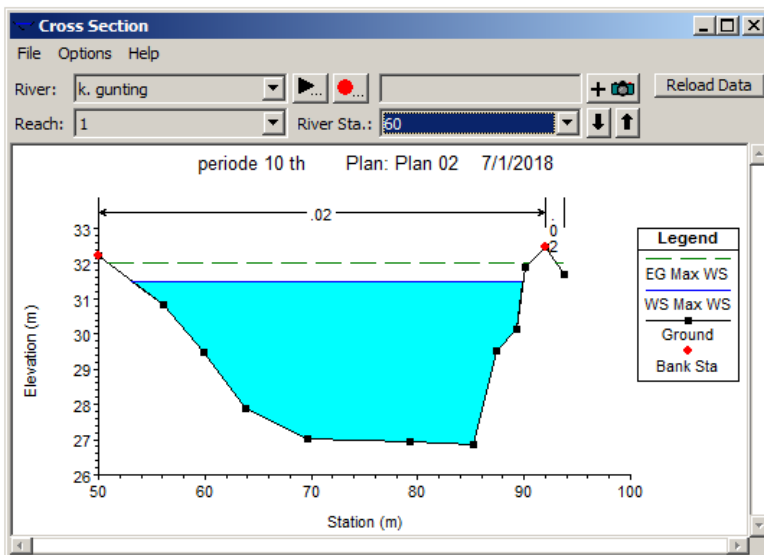
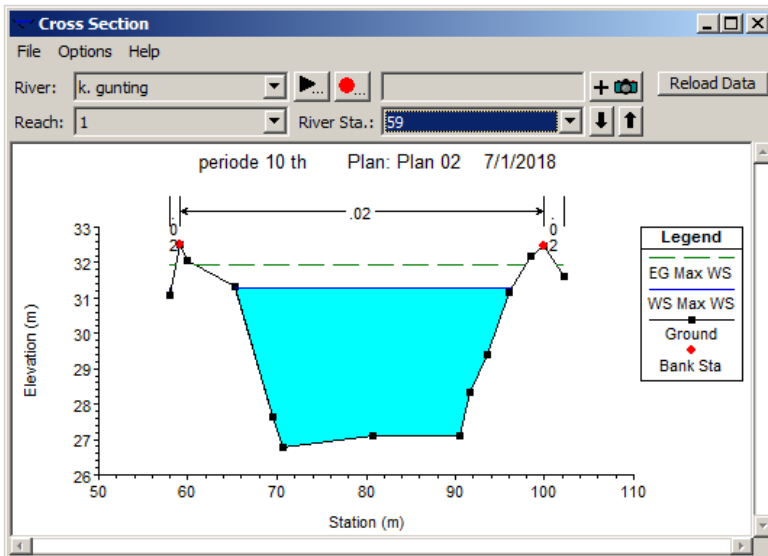


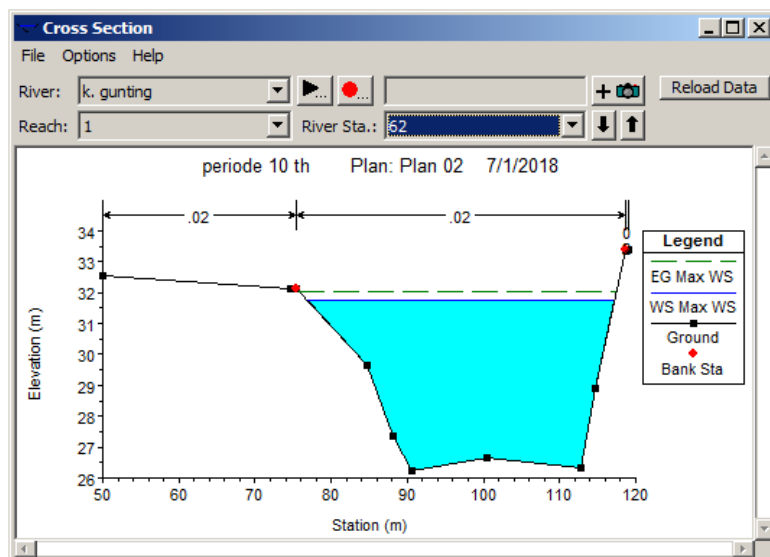
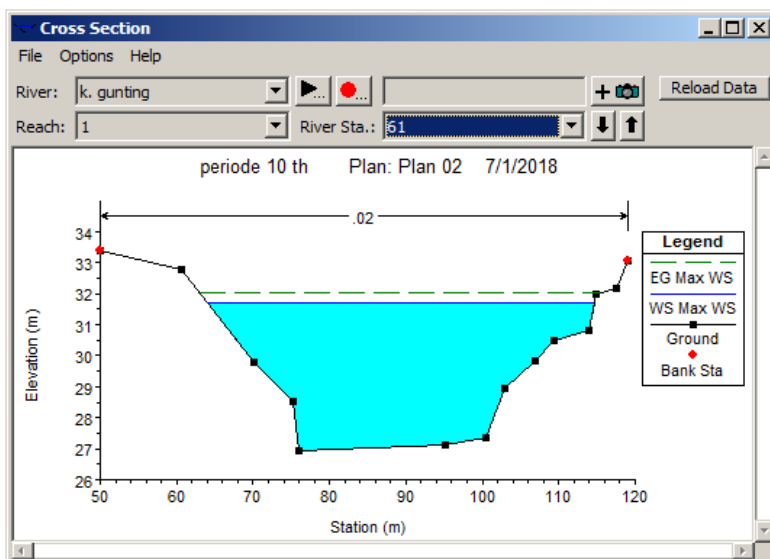




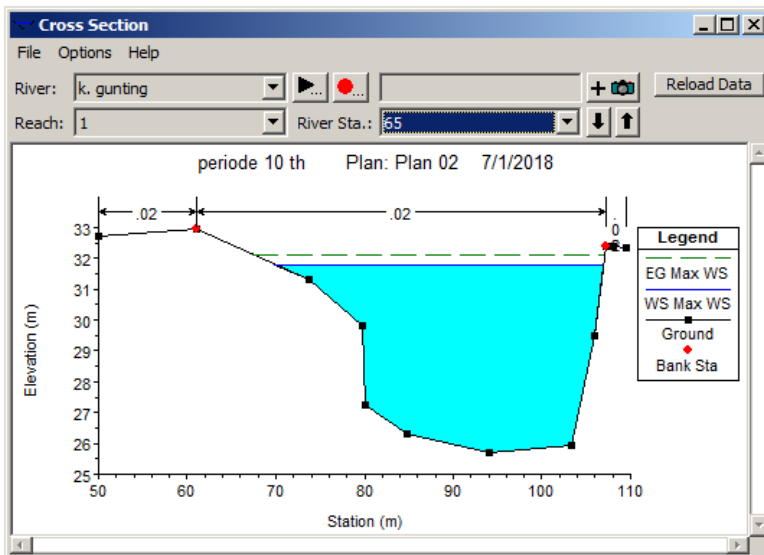
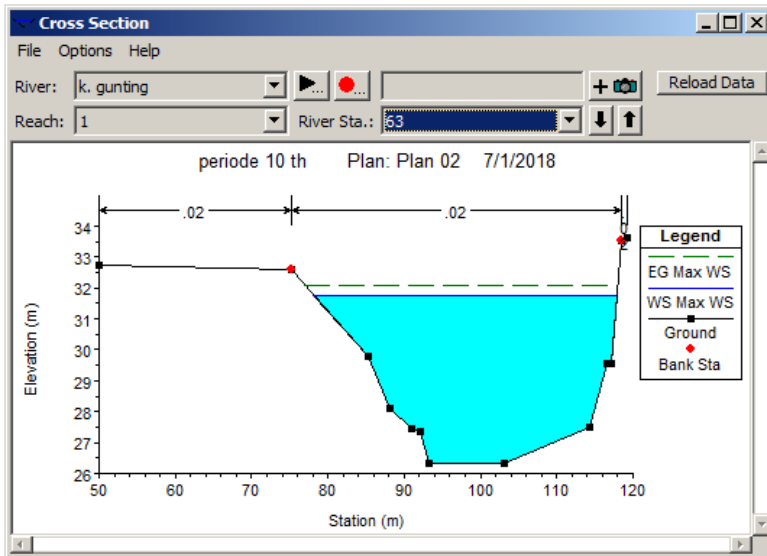


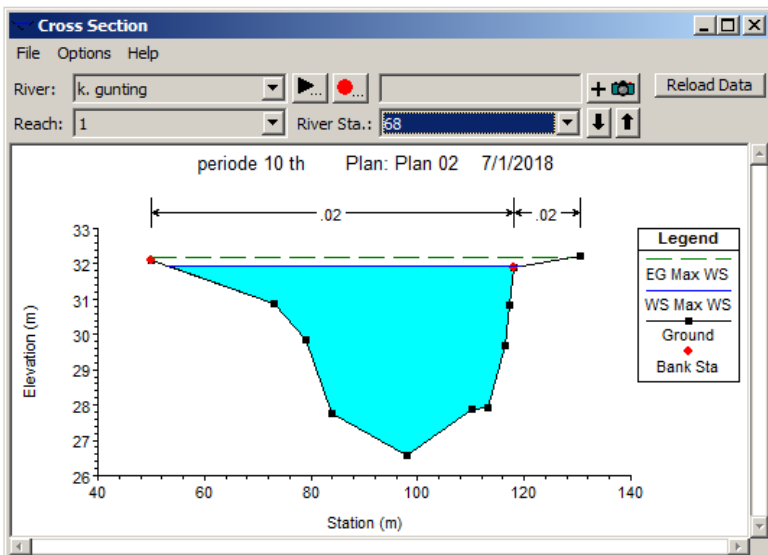
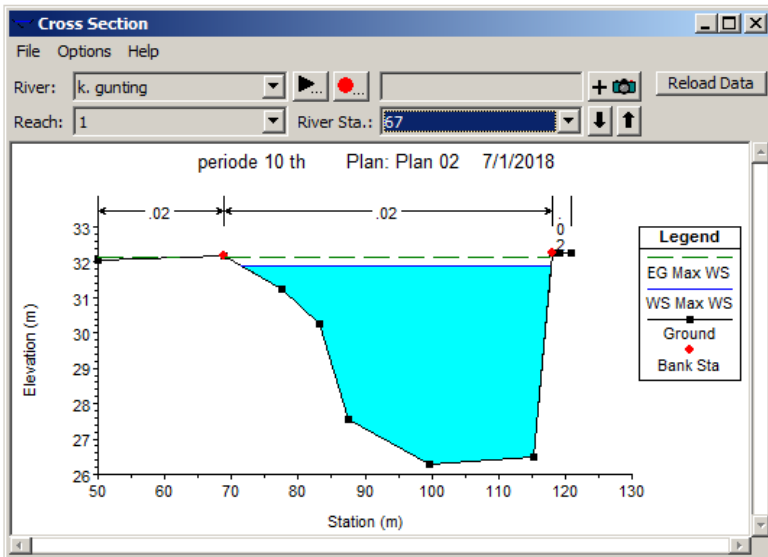


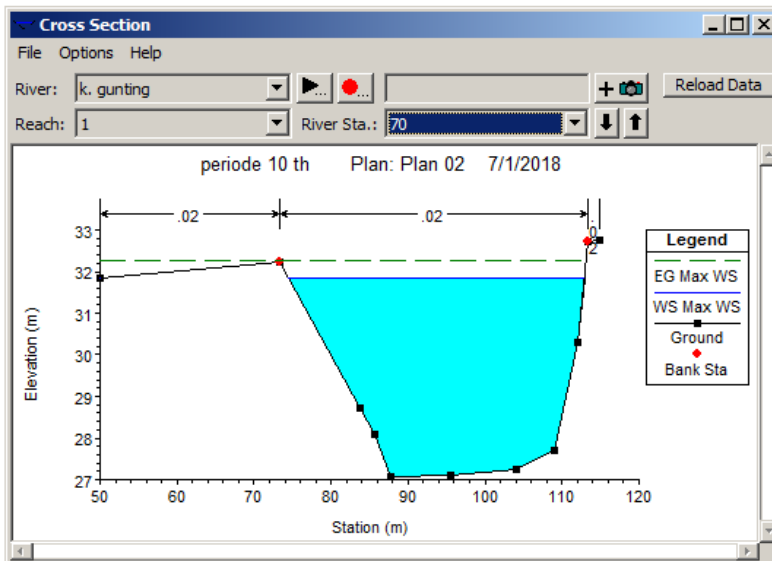
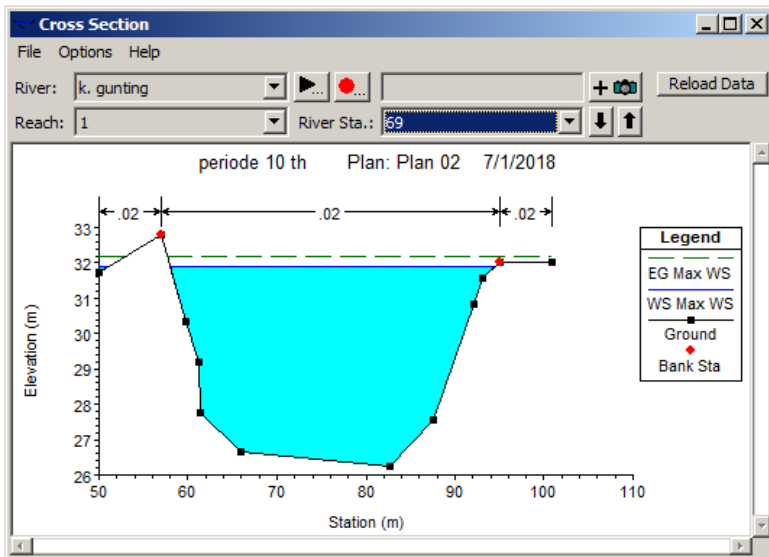


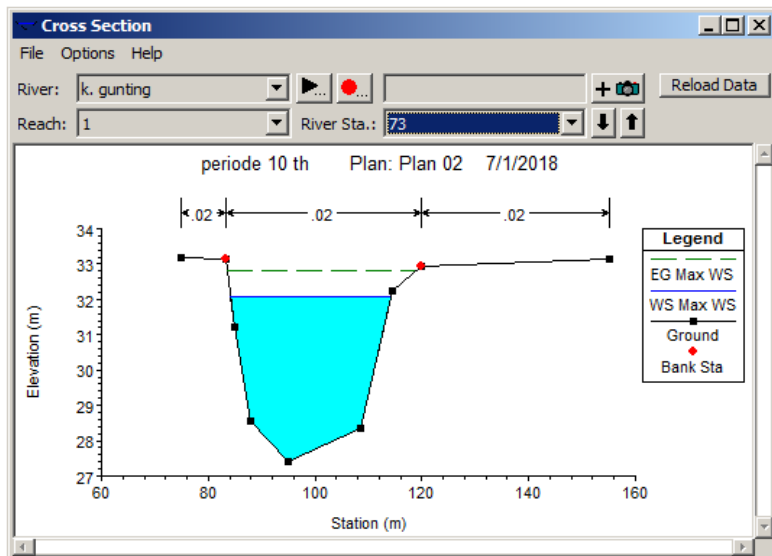
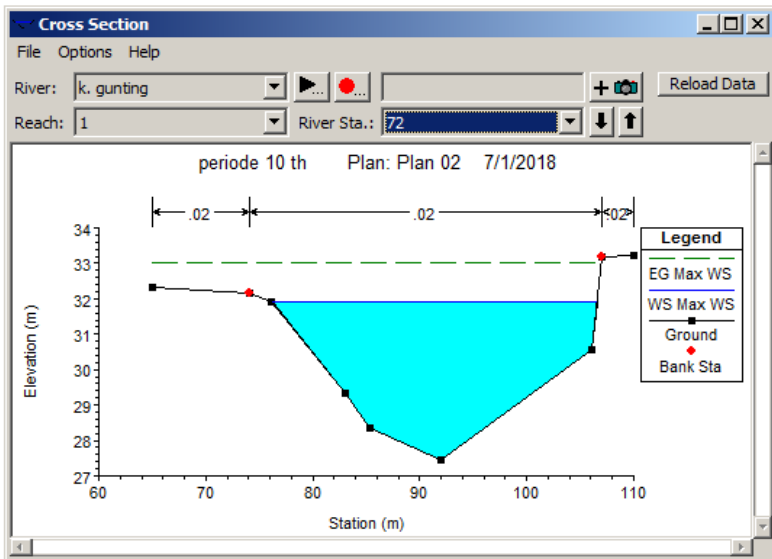


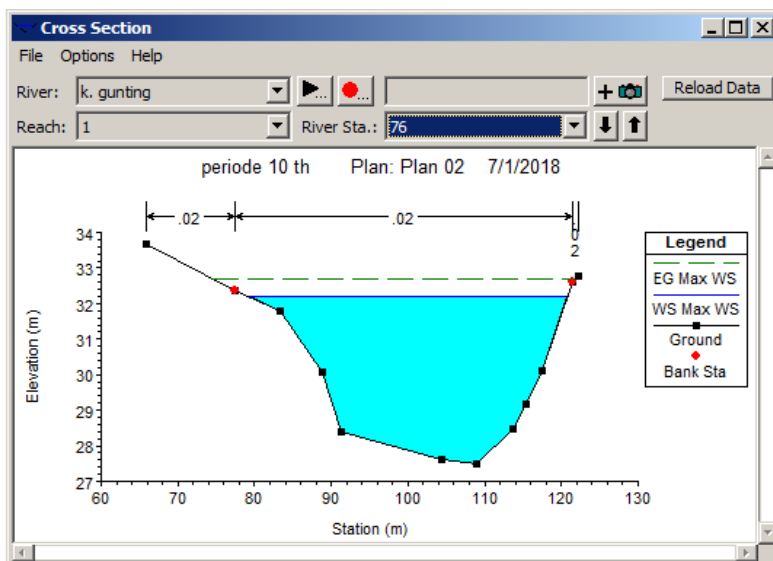
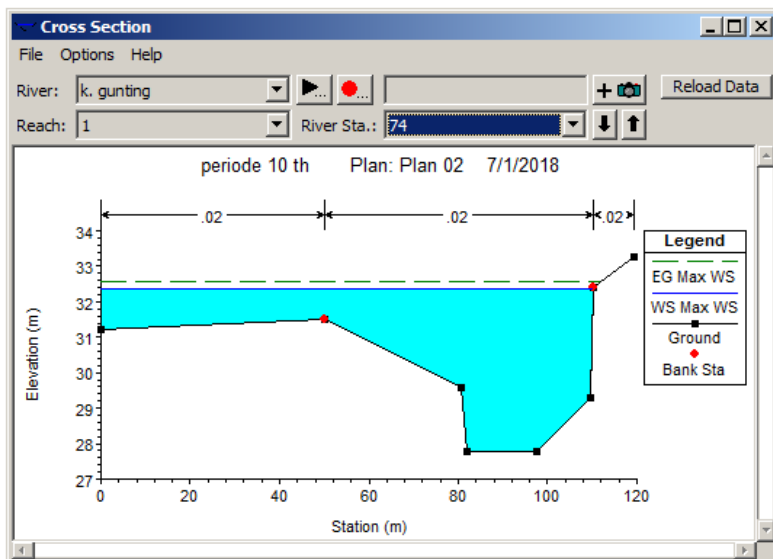


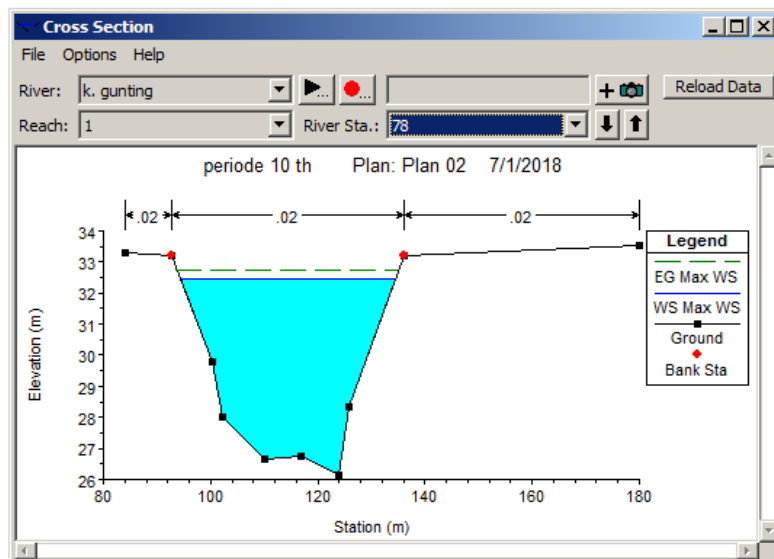
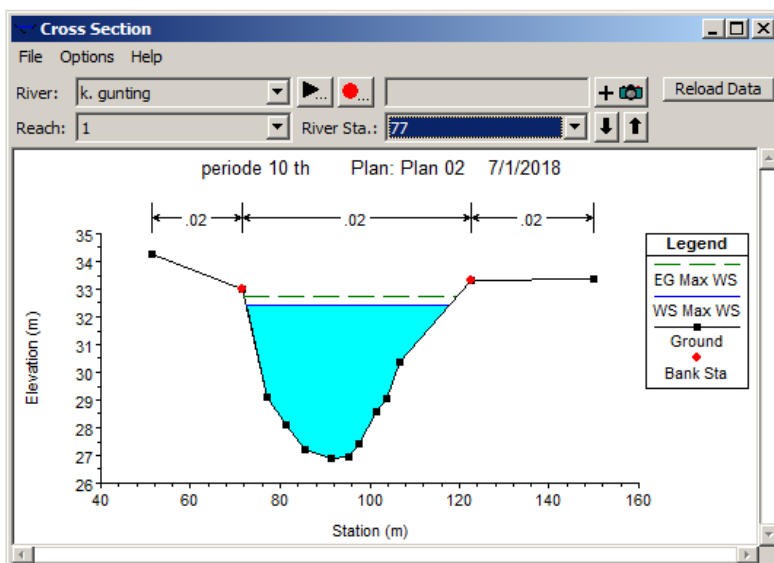


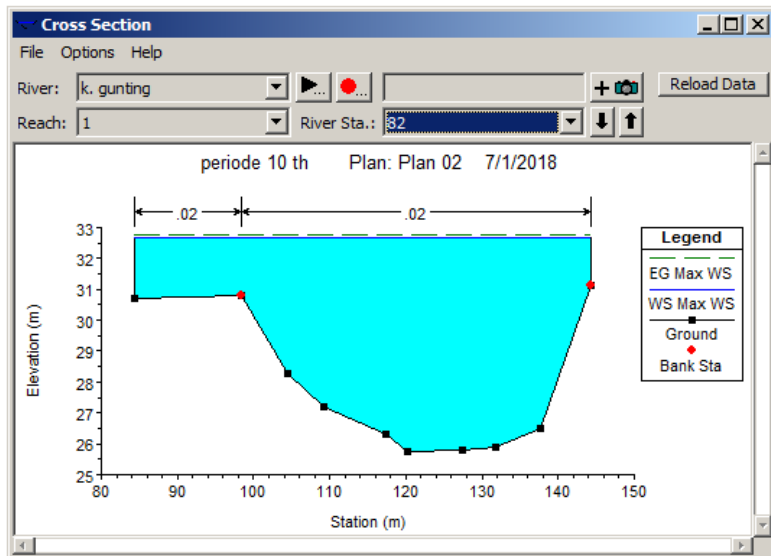
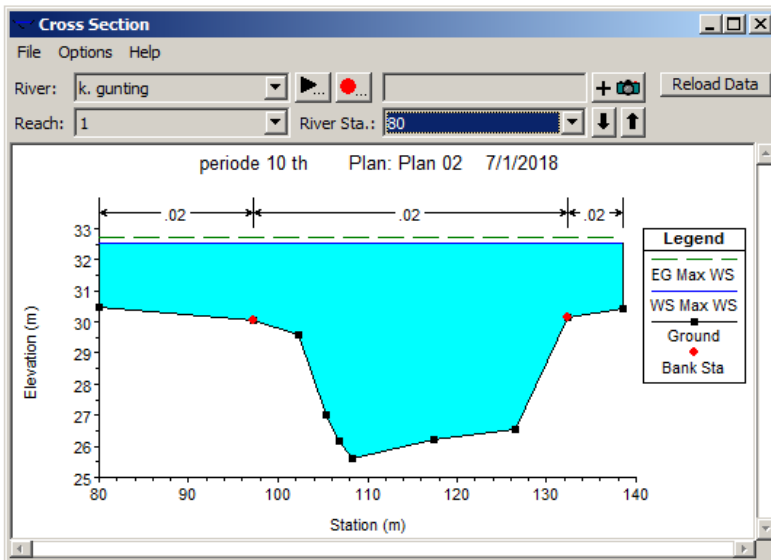


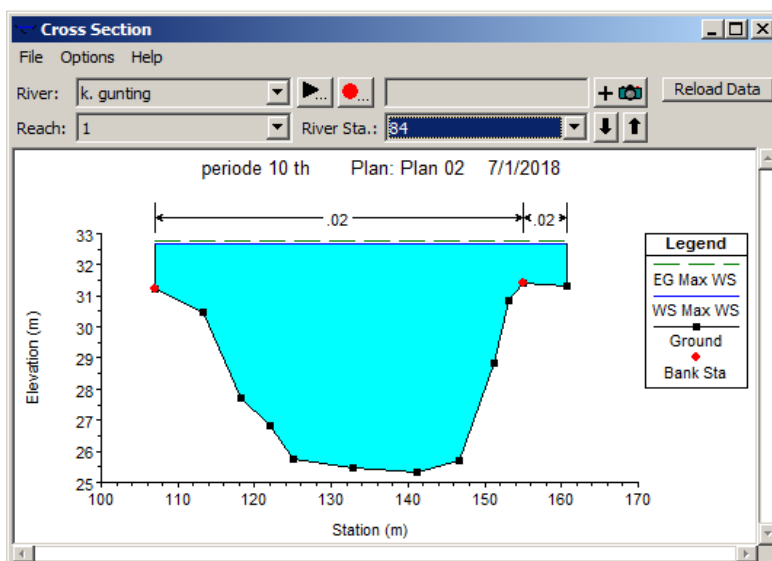
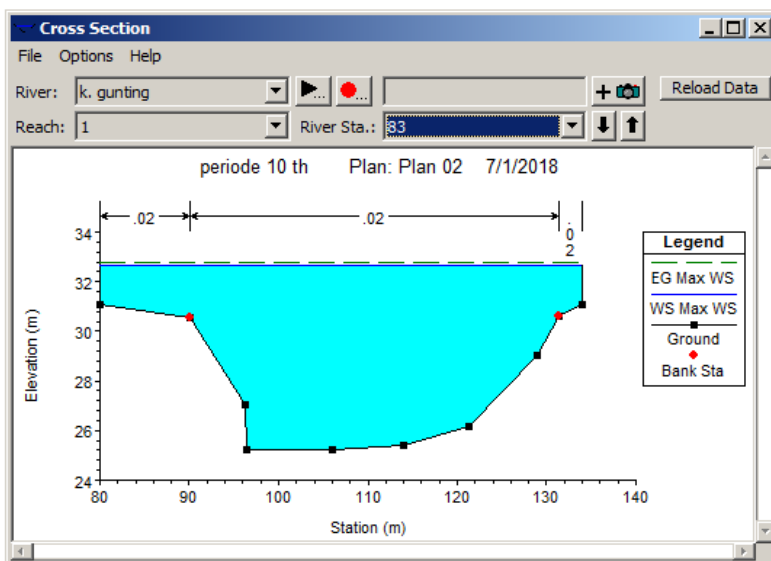




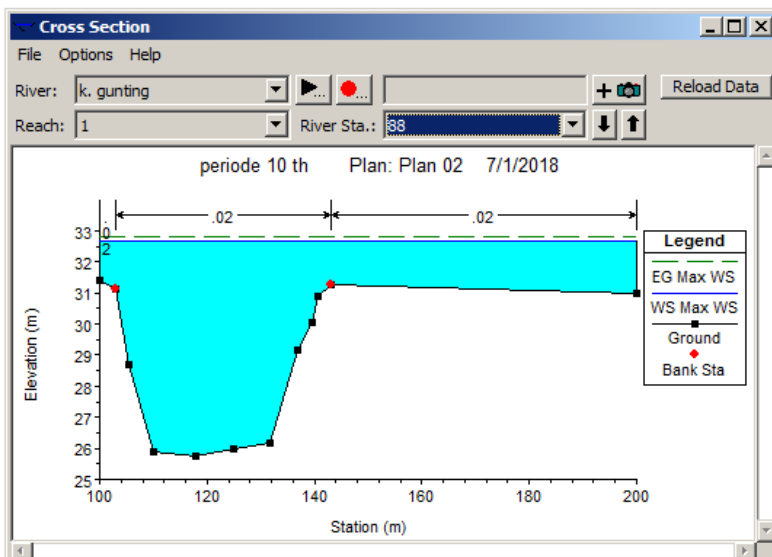
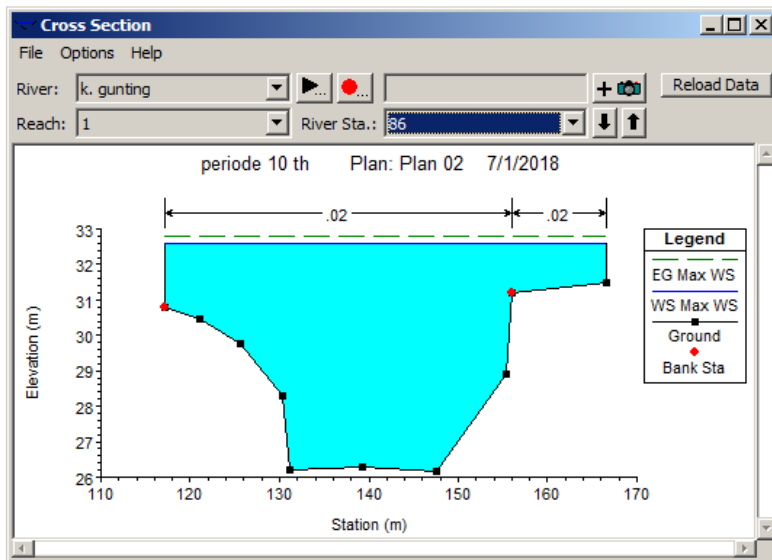


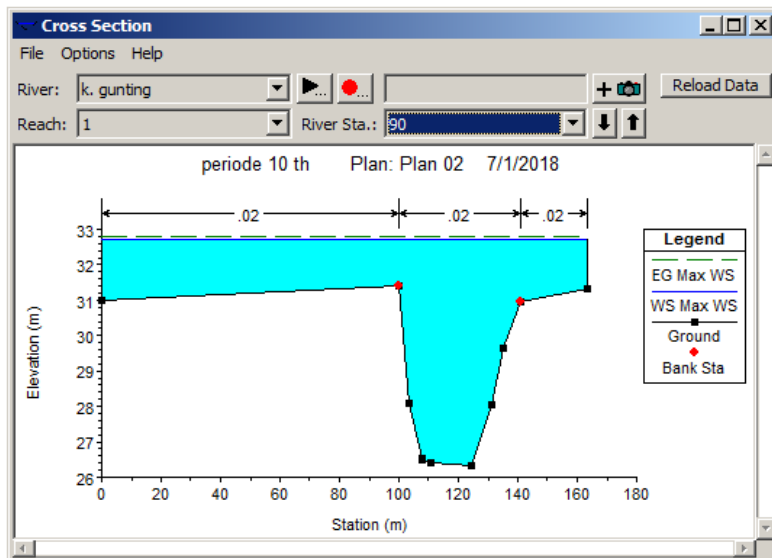
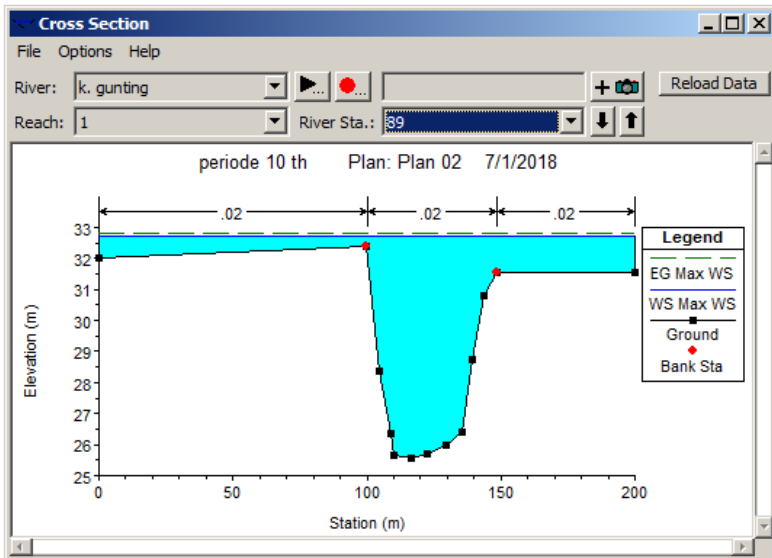


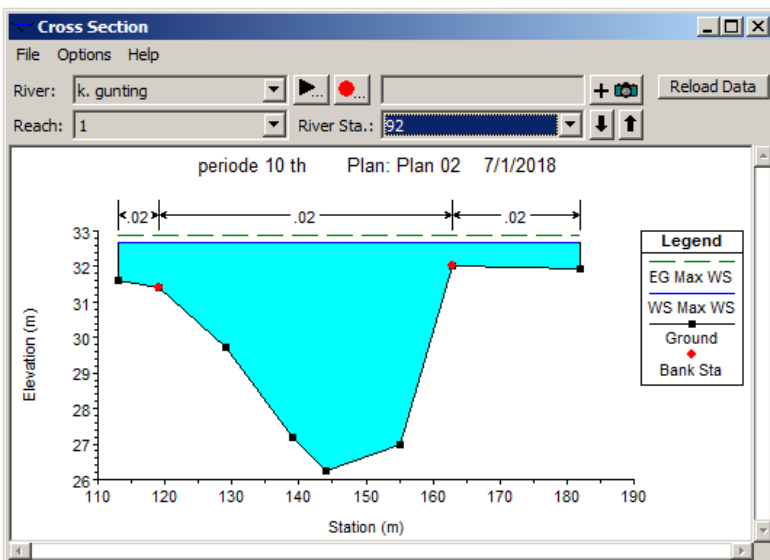
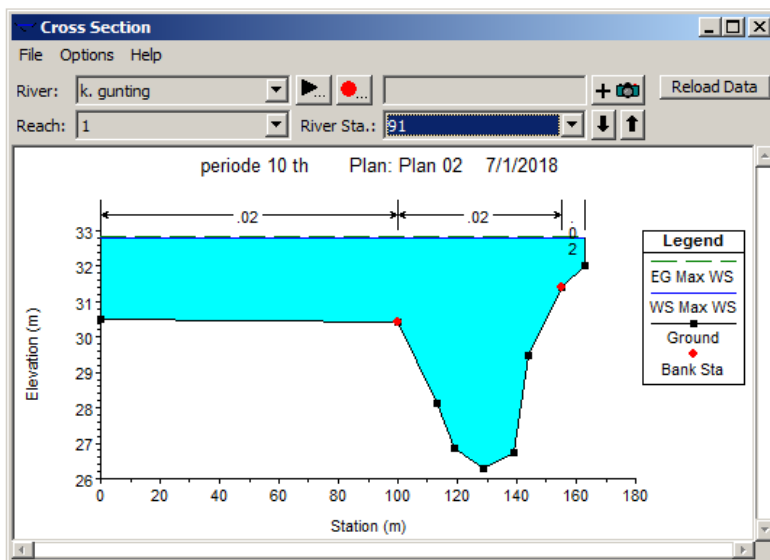


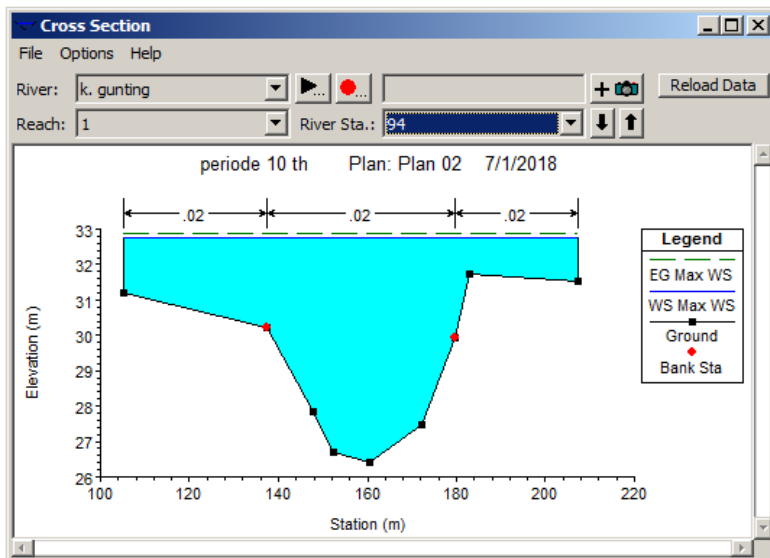
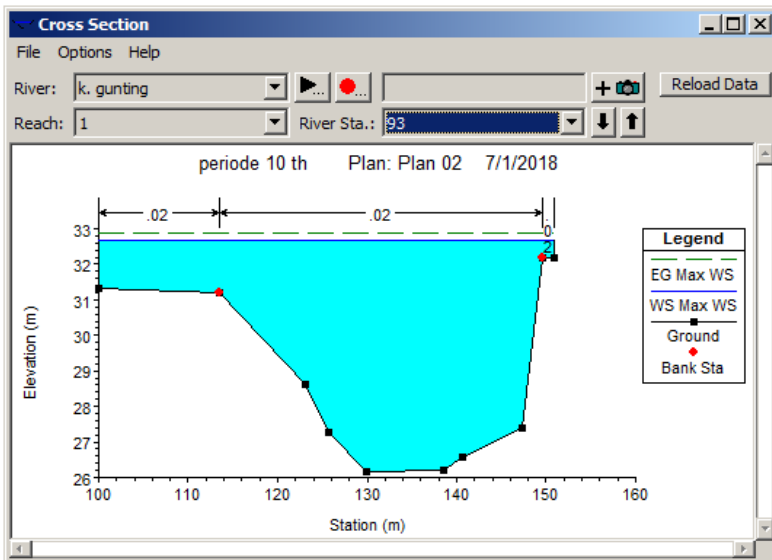


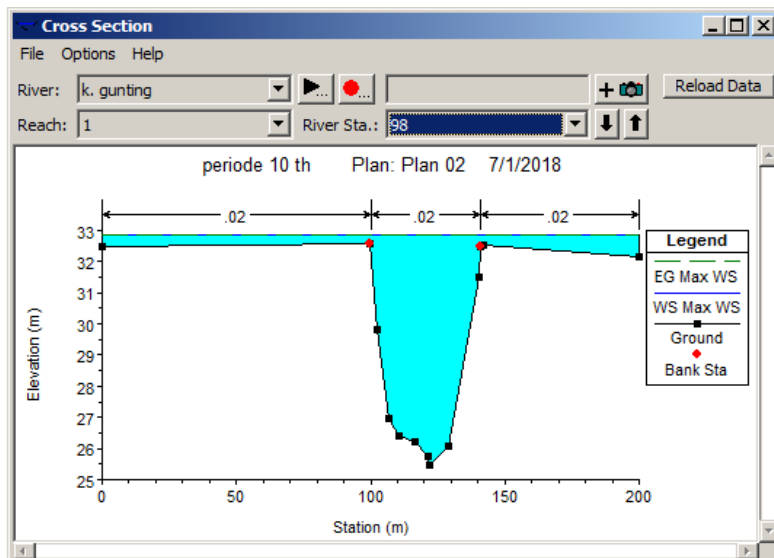
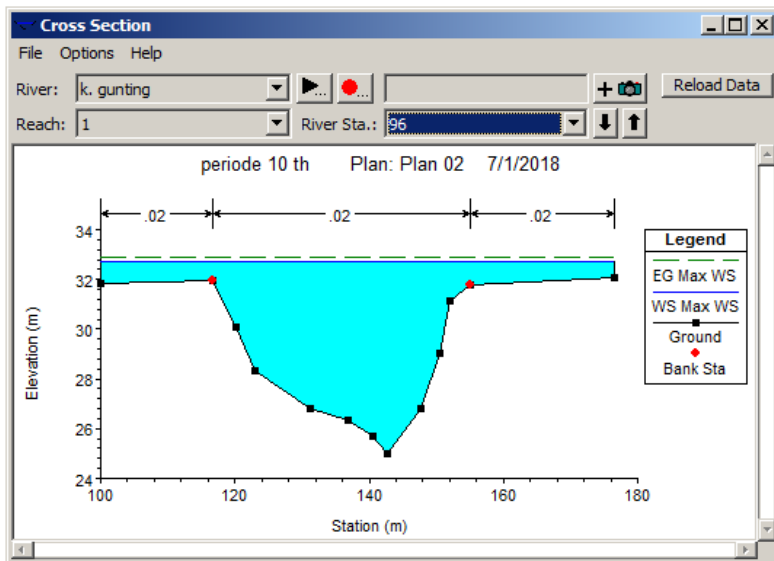


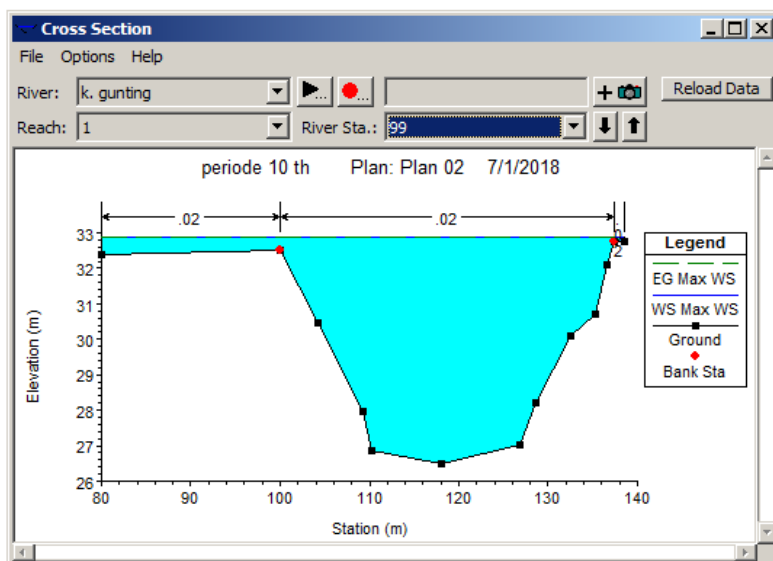




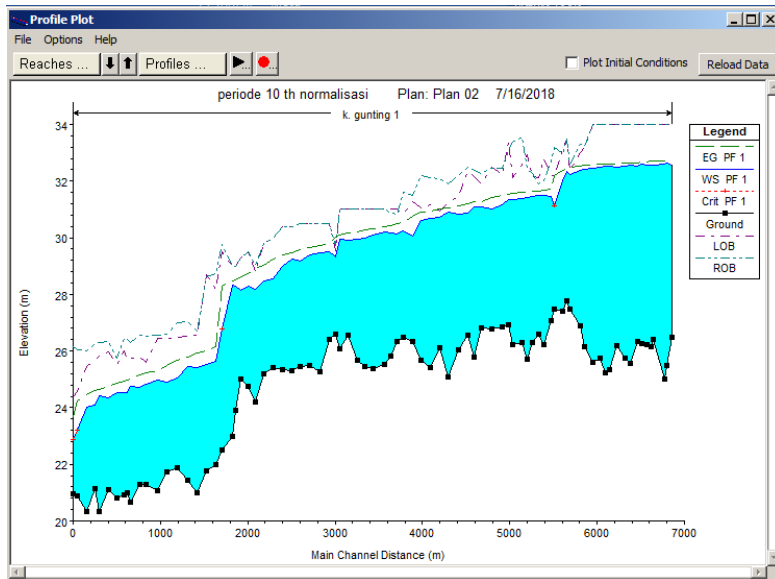




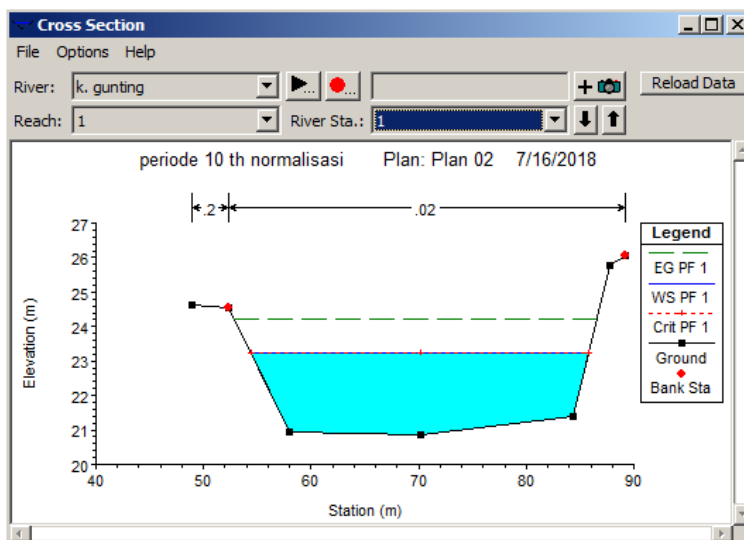
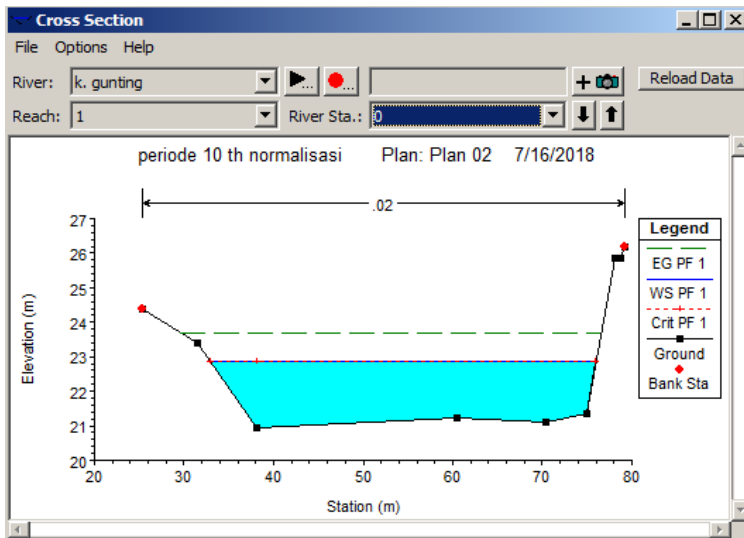




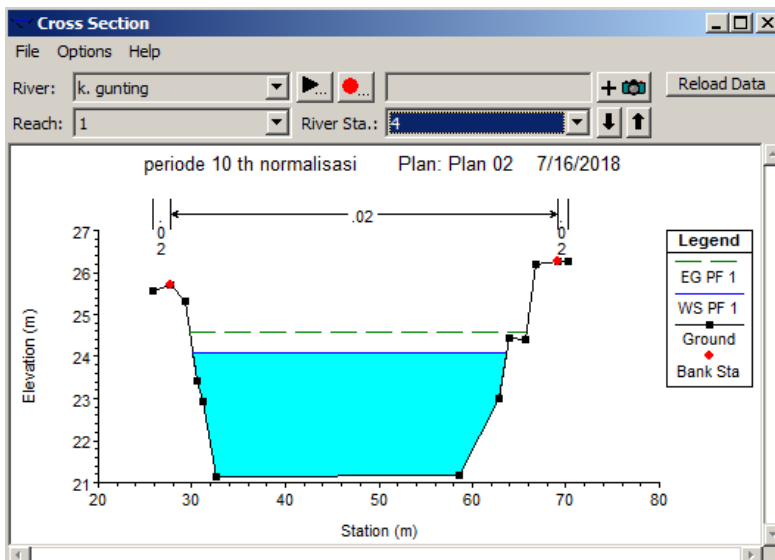
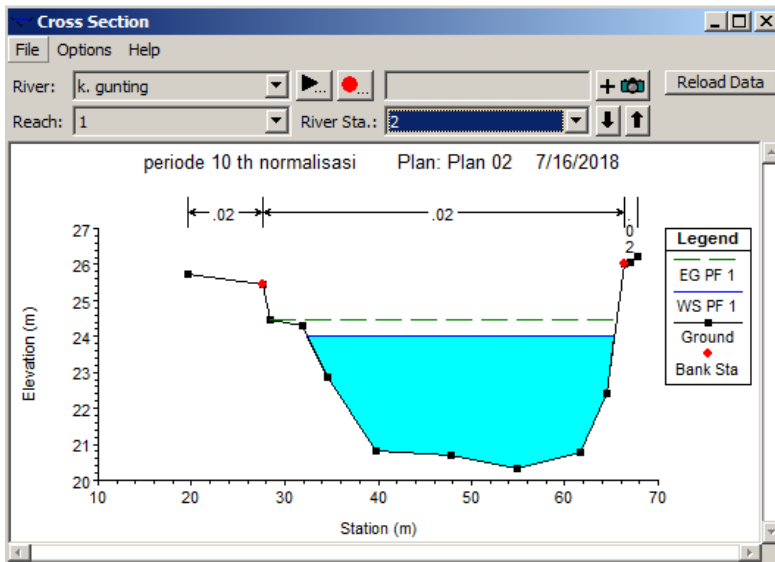
### 3. Hasil Analisis HEC-RAS Penampang Memanjang Setelah Normalisasi.

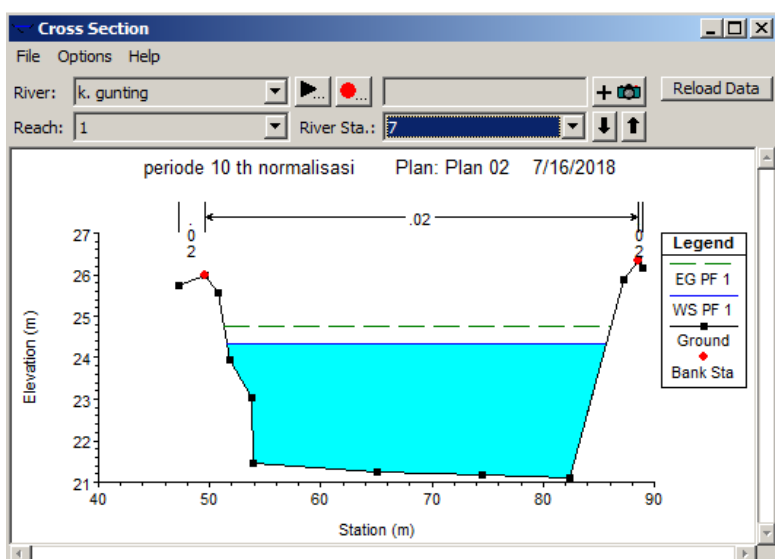
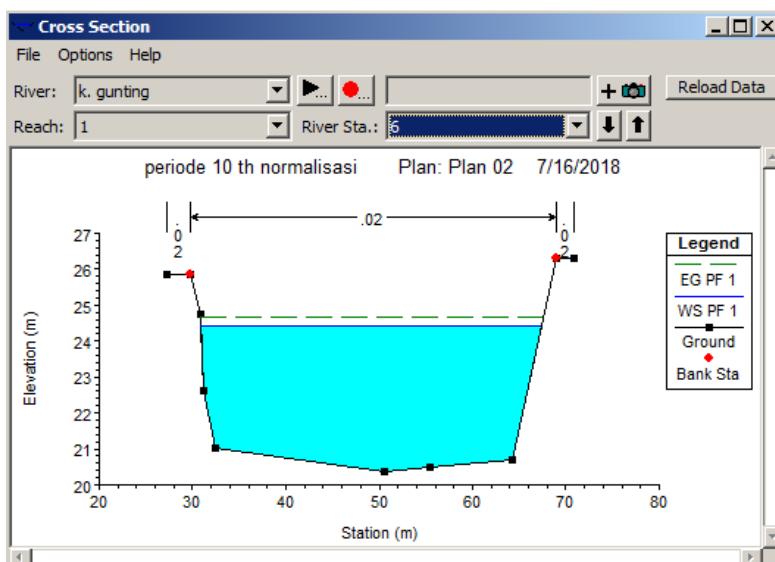


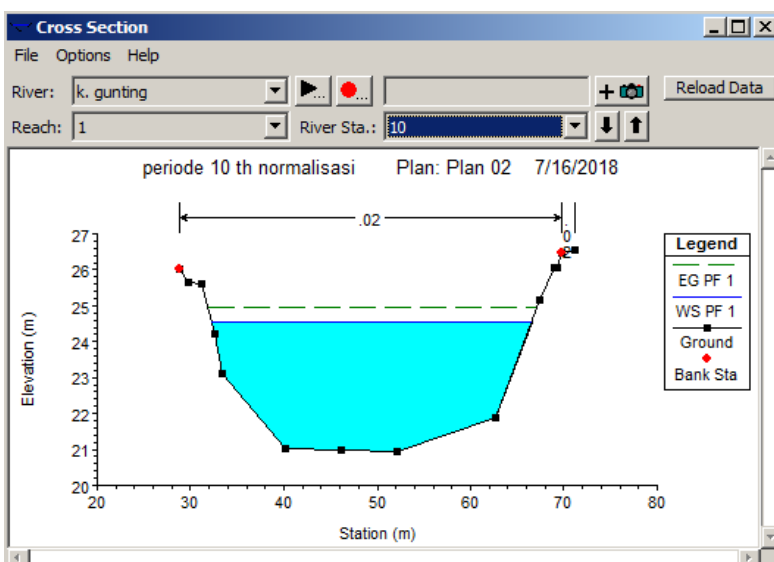
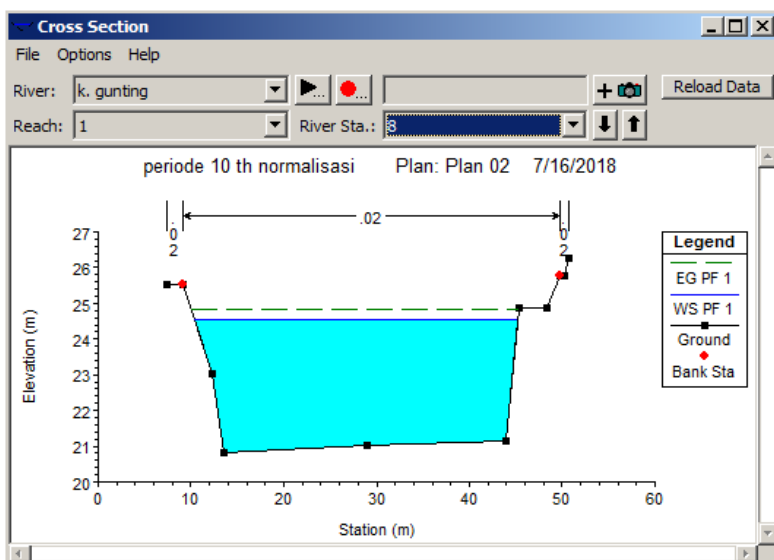
#### 4. Hasil Analisis HEC-RAS Penampang Melintang Setelah Normalisasi RS 0 - 99.

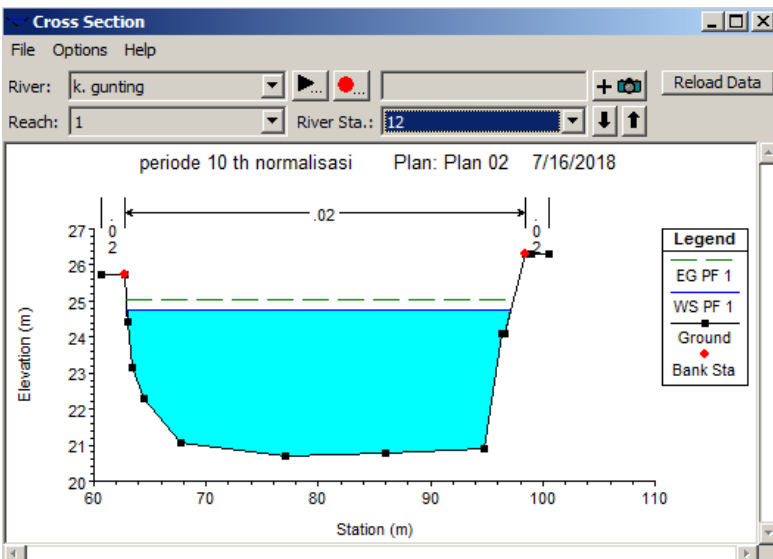
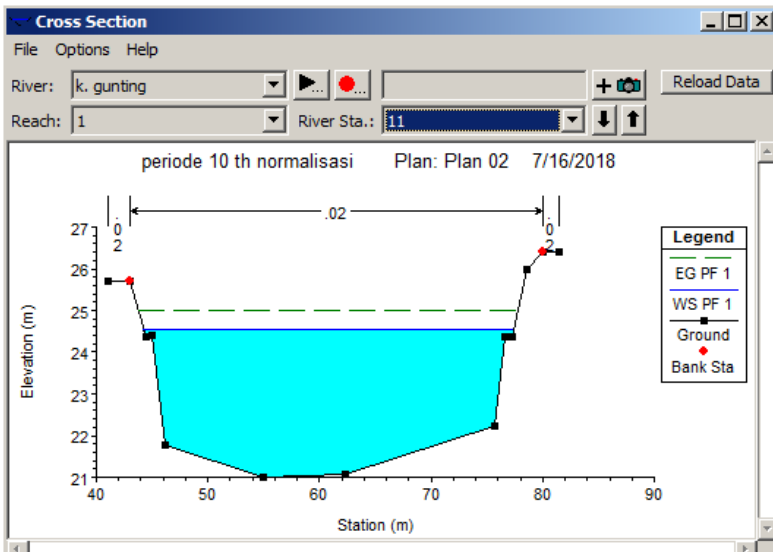


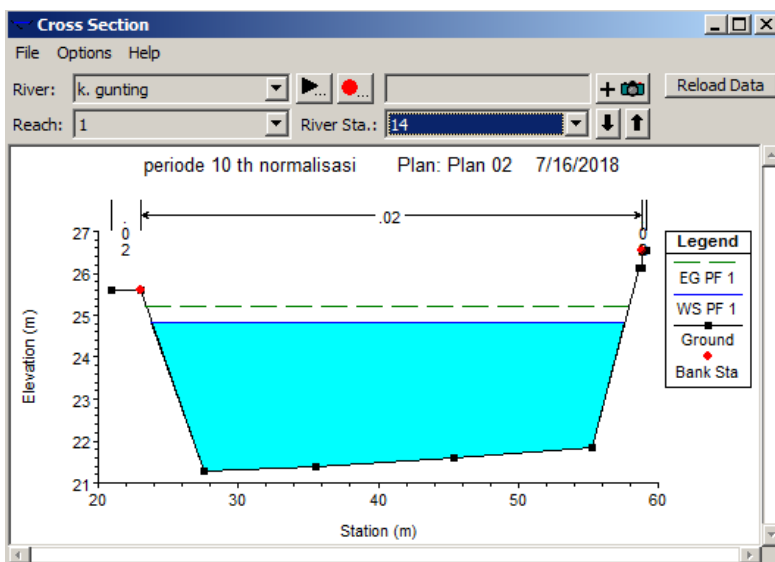
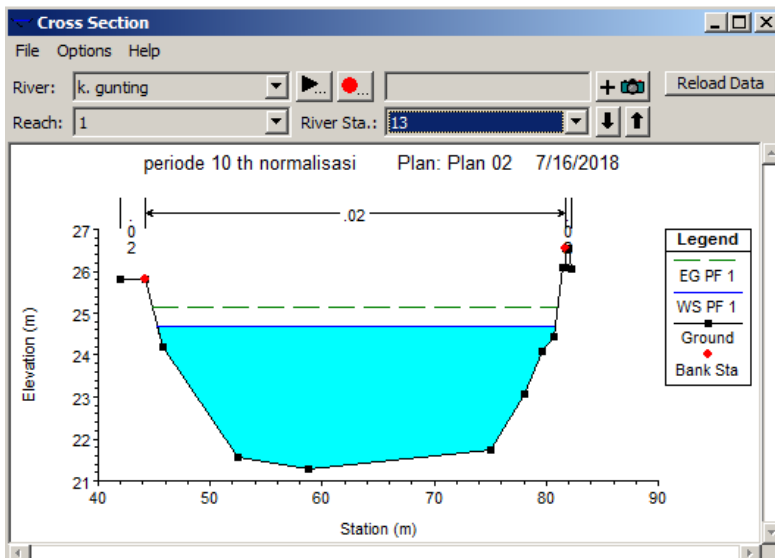


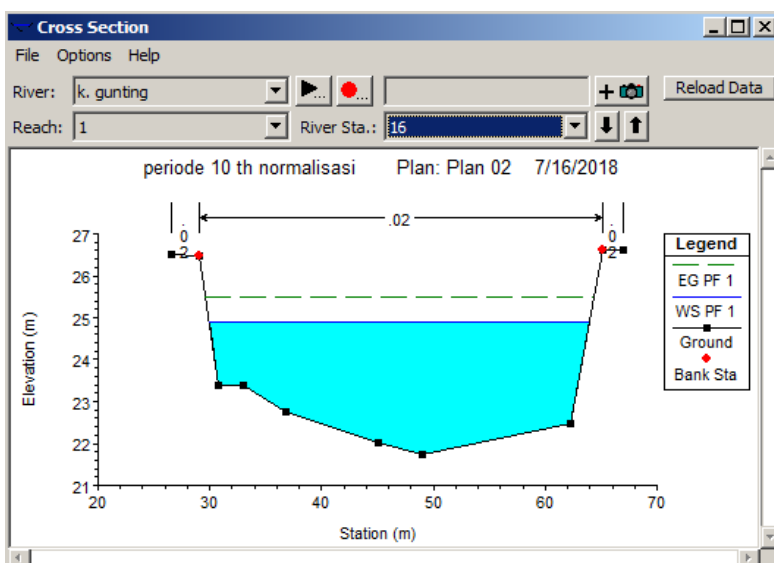
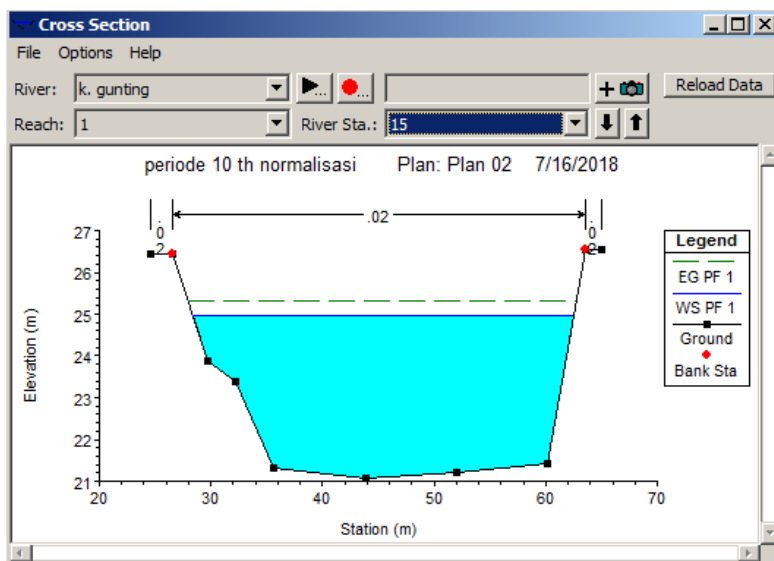


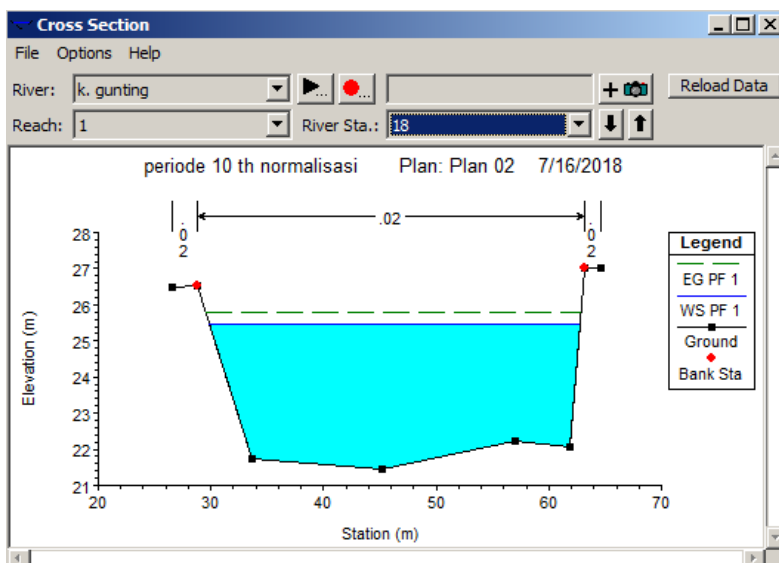
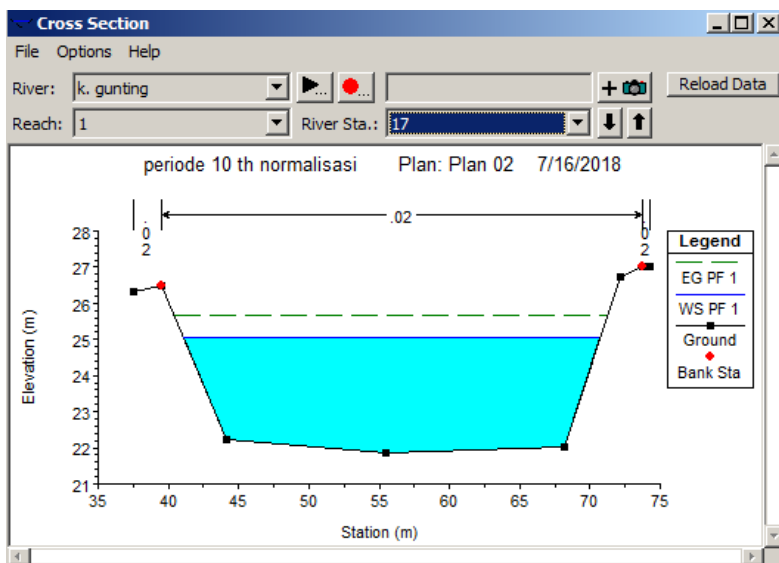


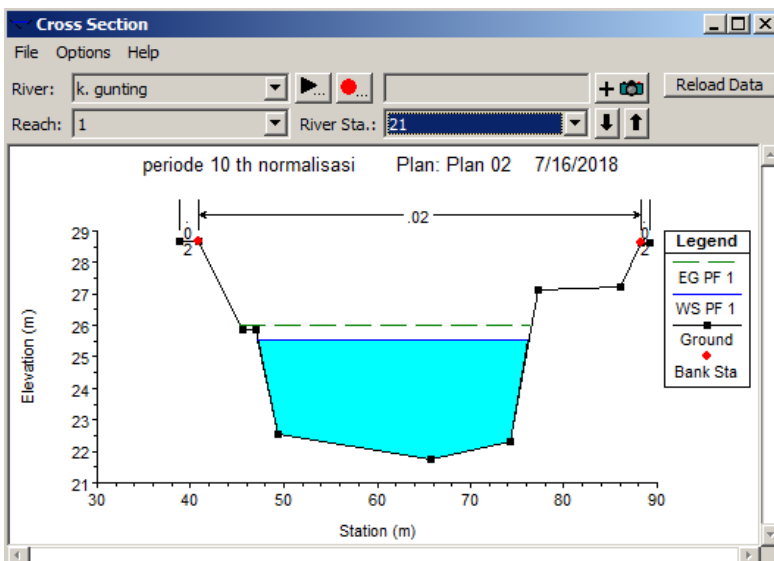
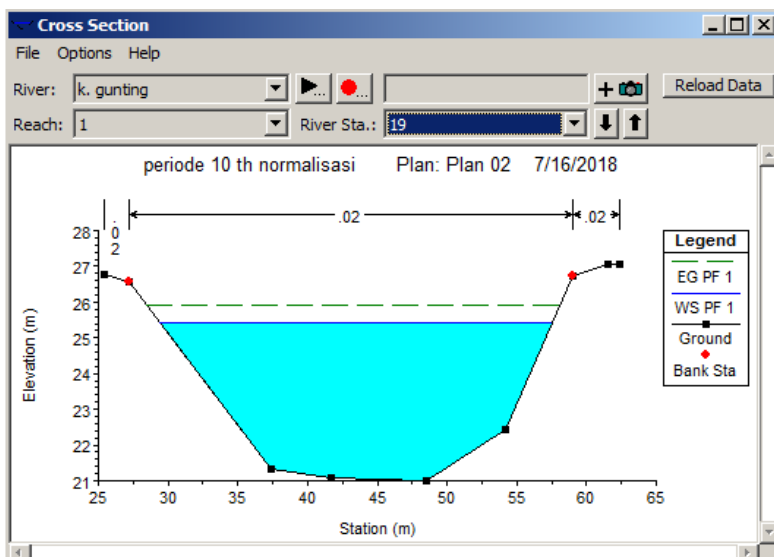




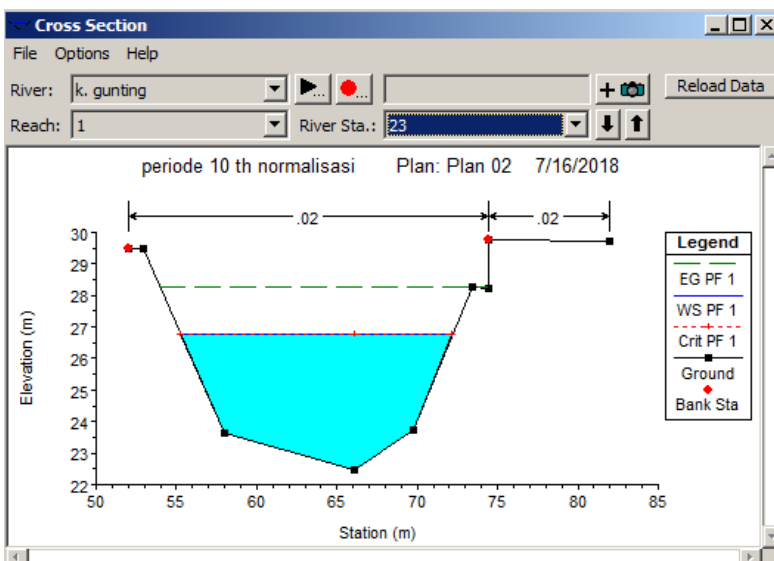
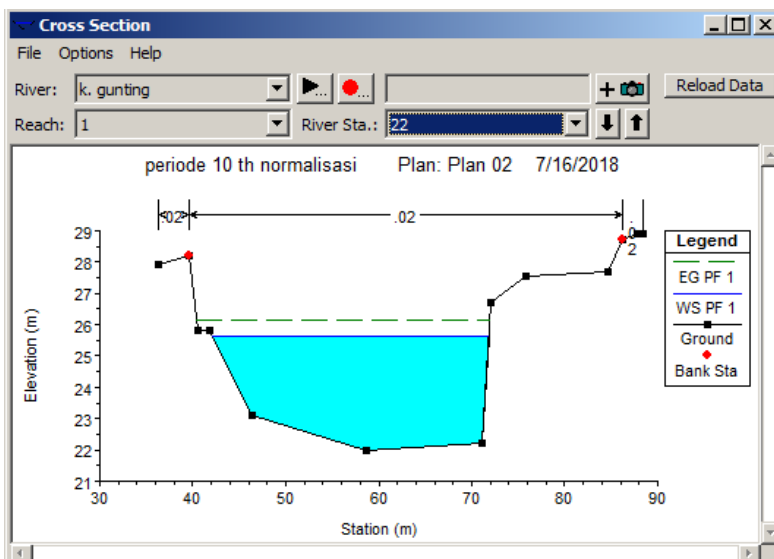


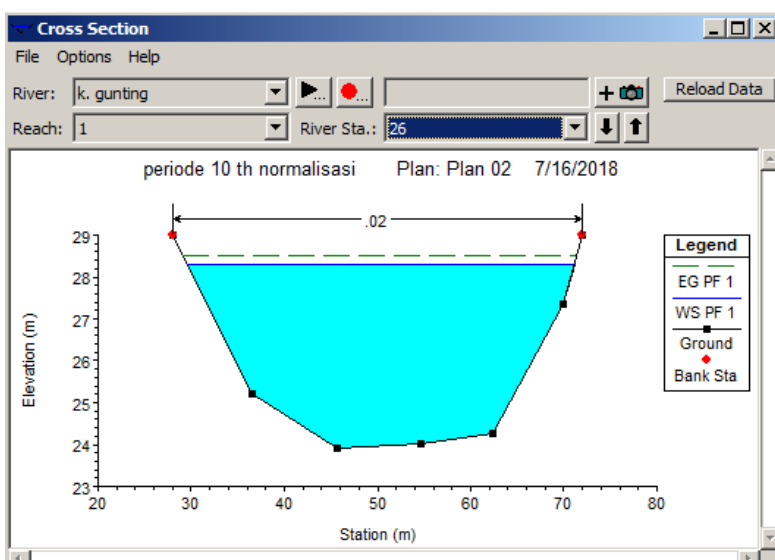
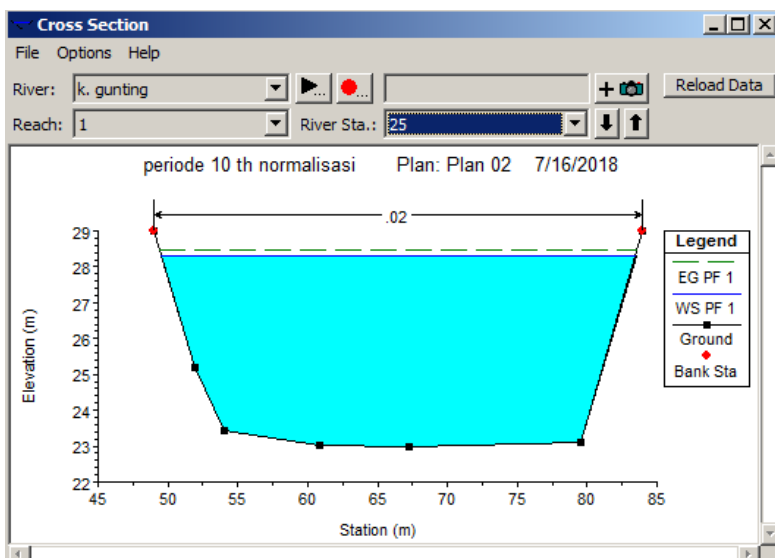


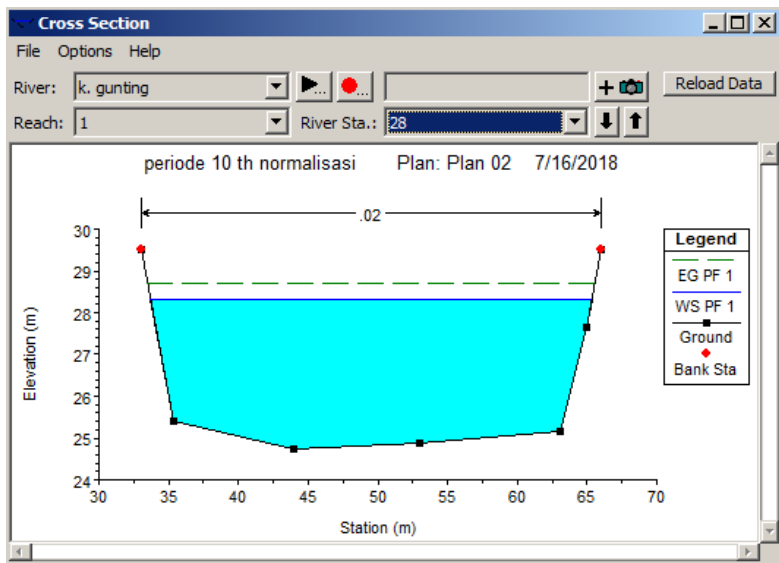
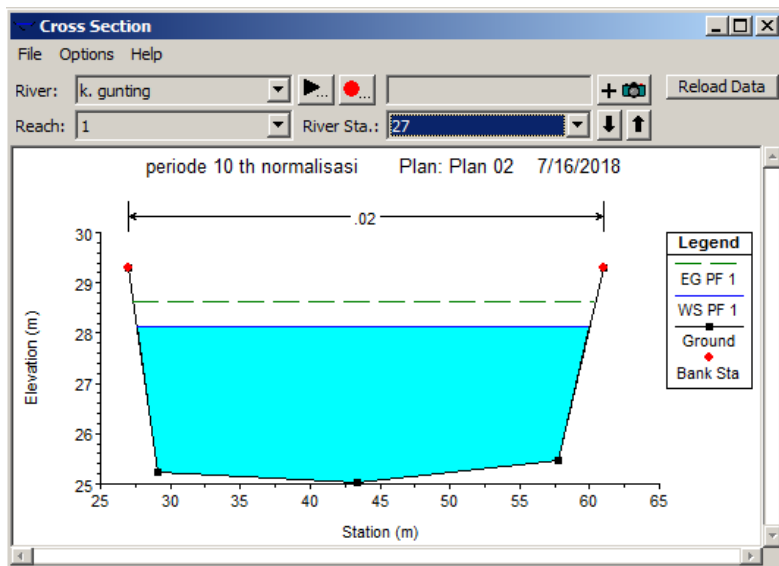


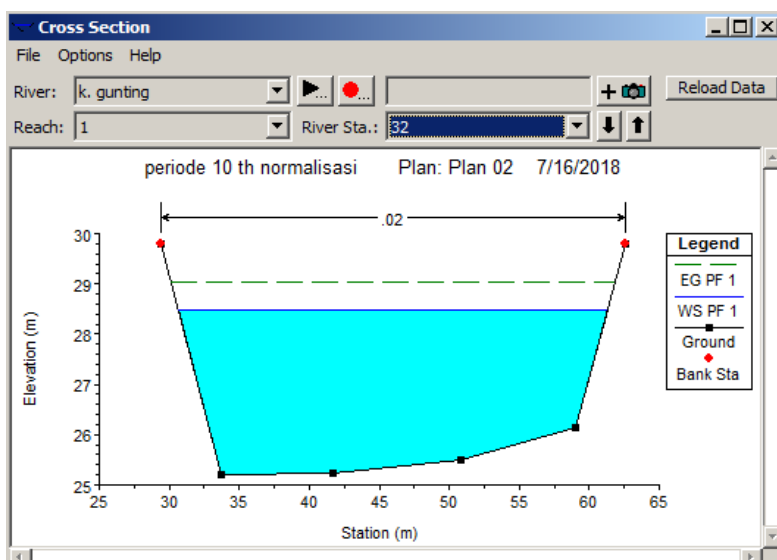
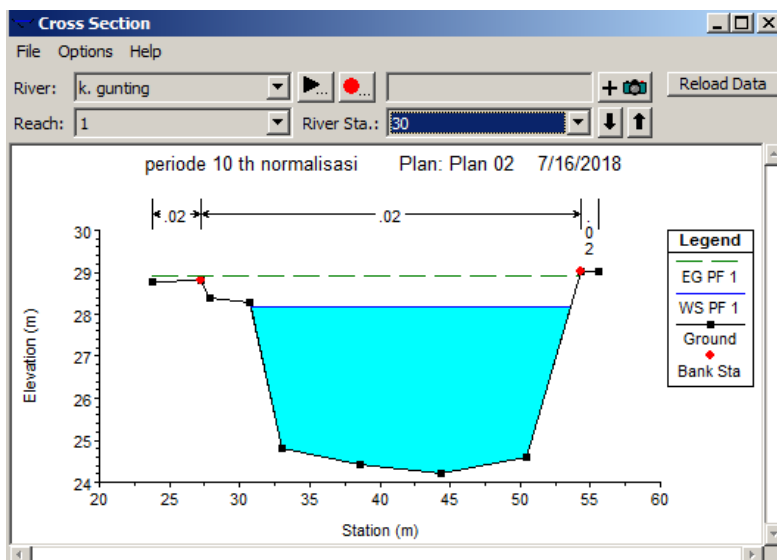


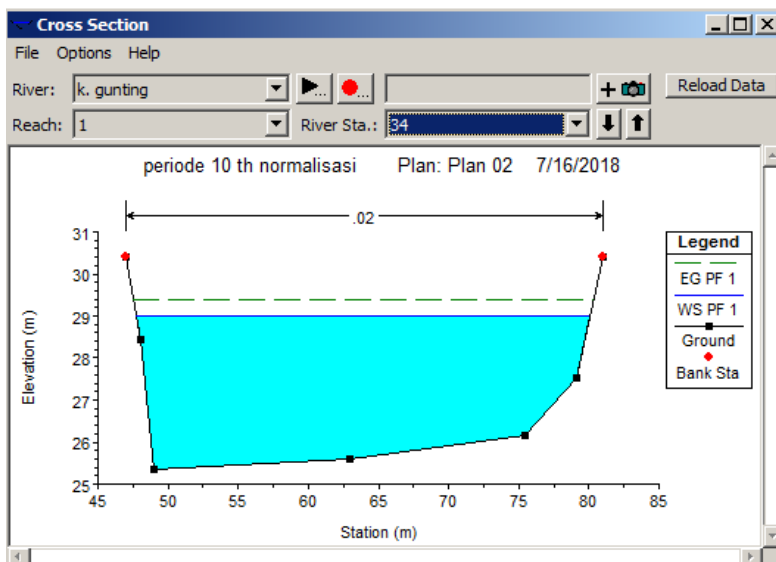
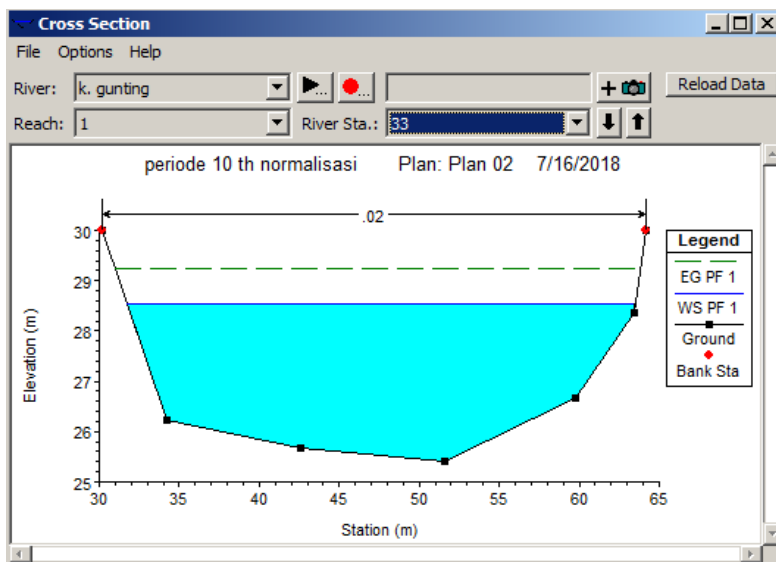


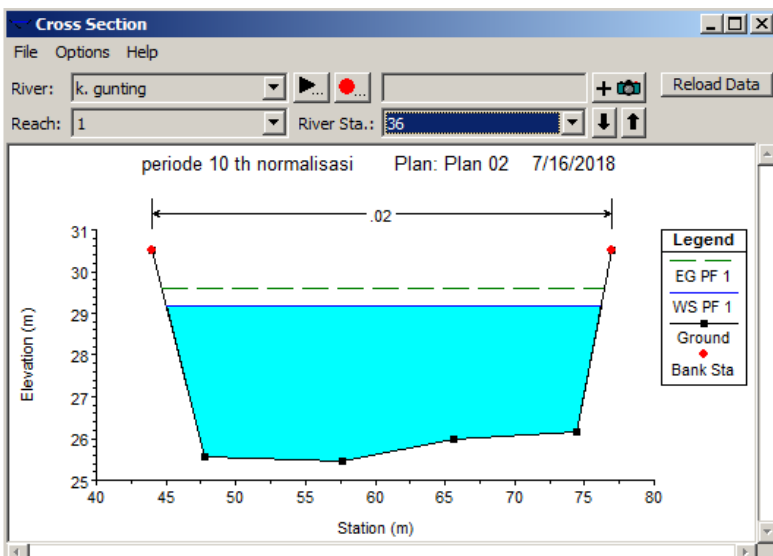
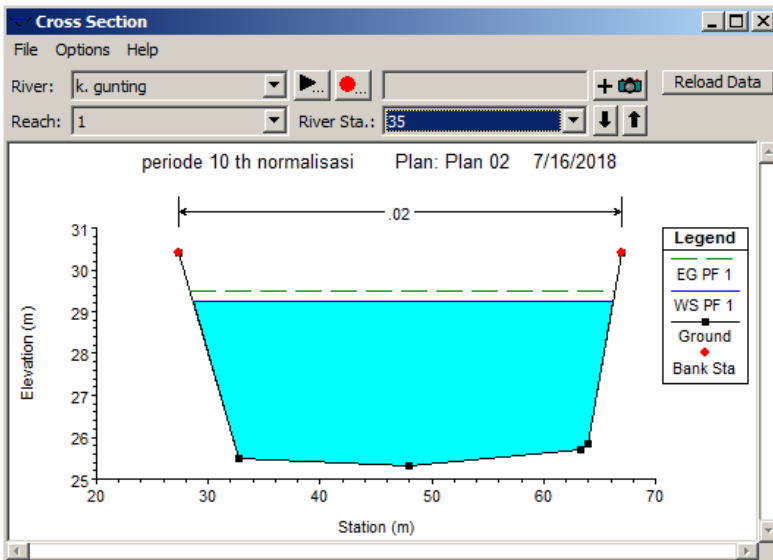


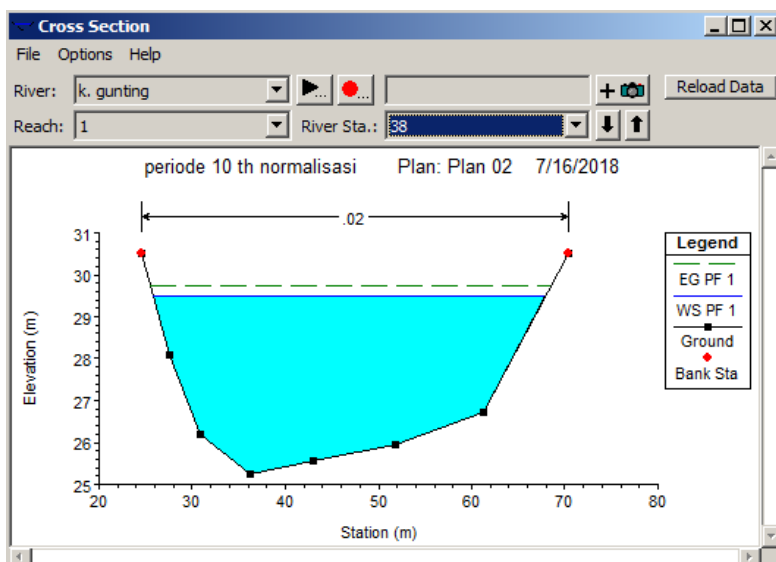
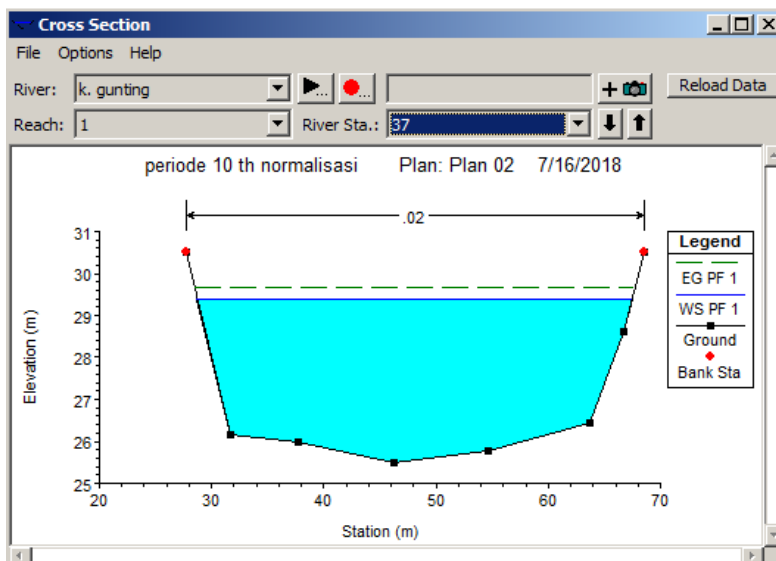


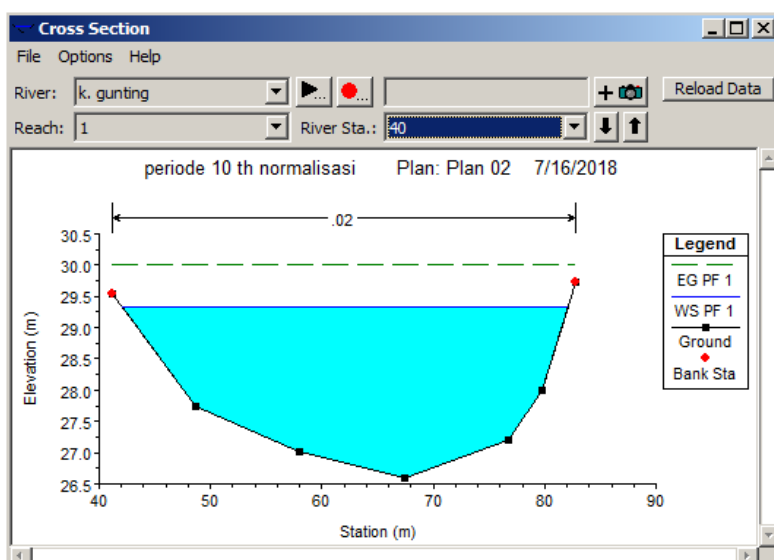
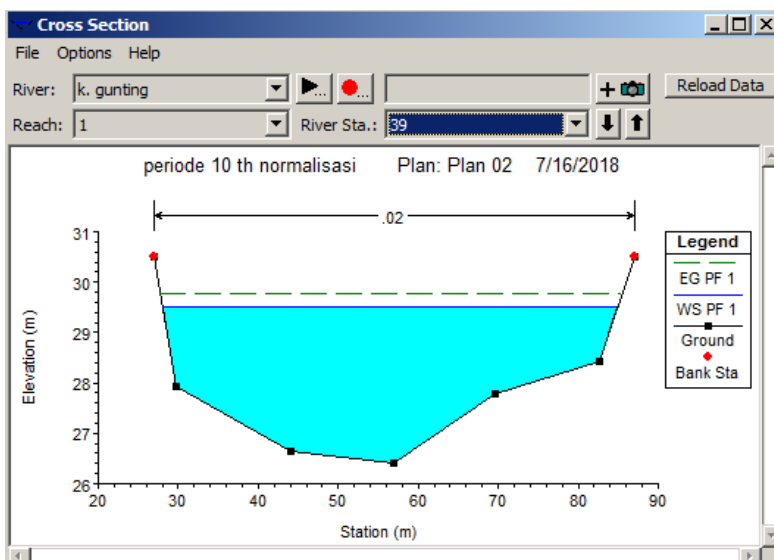




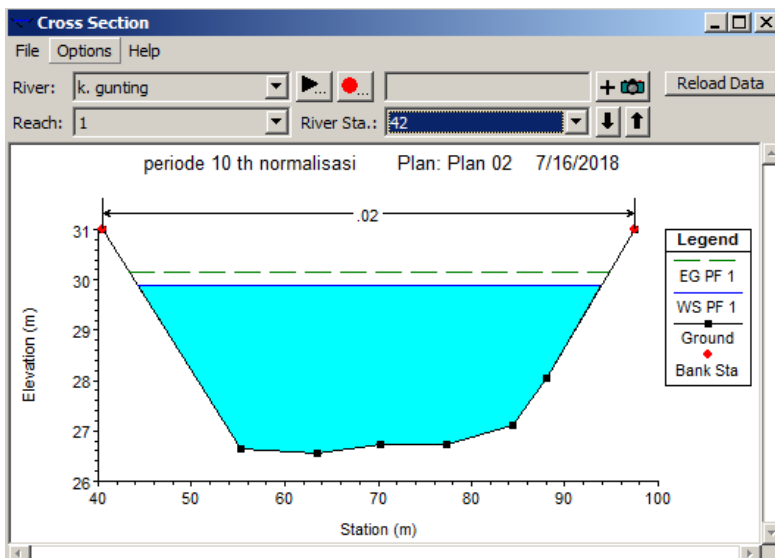
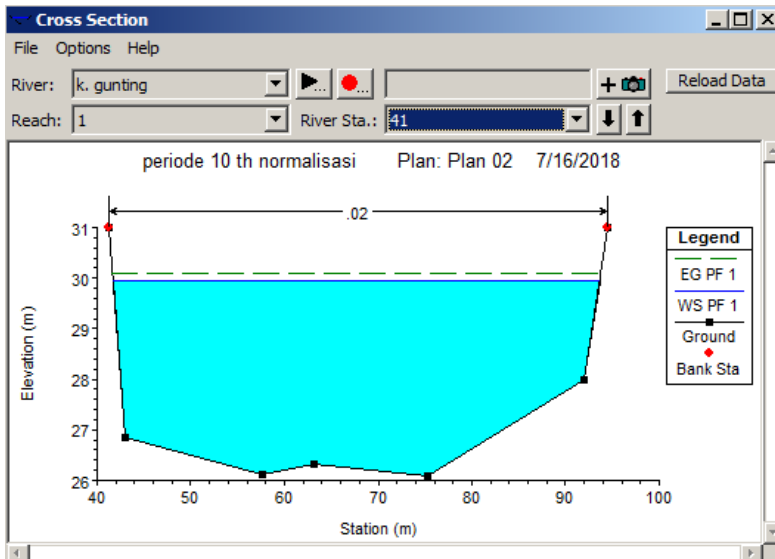


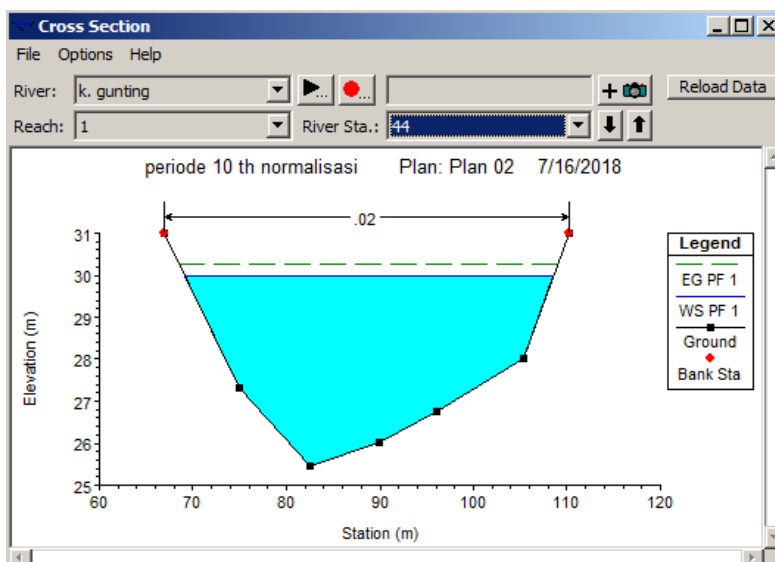
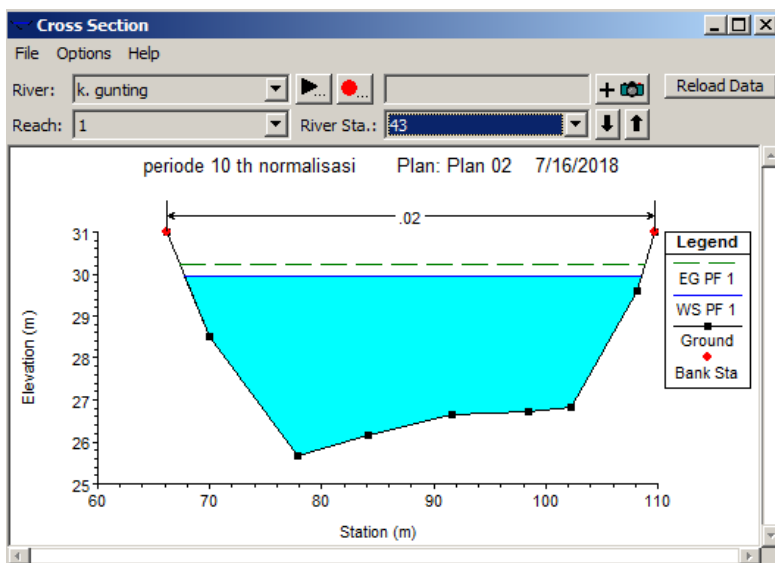


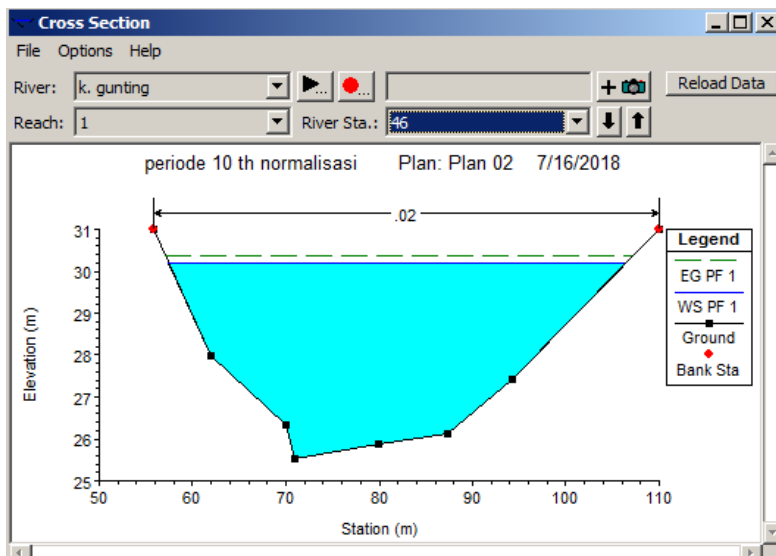
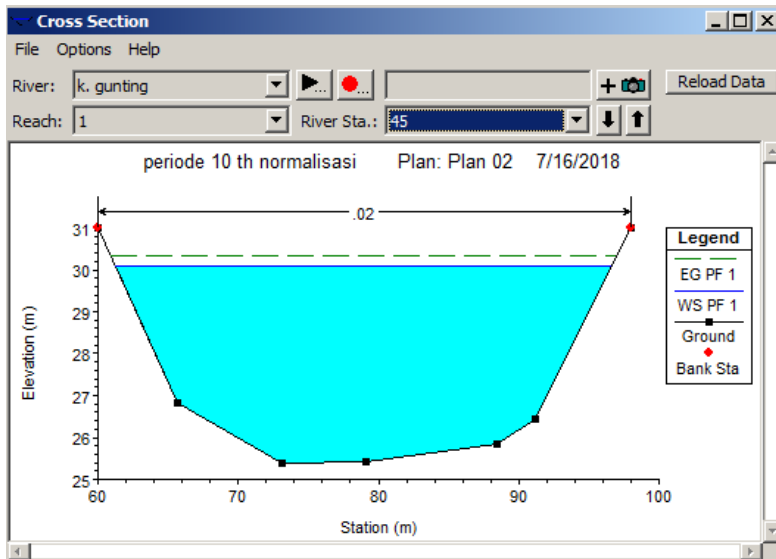


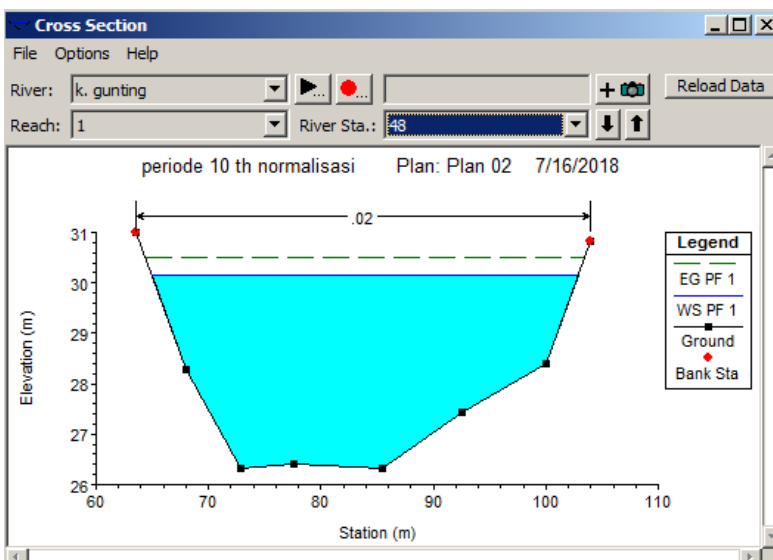
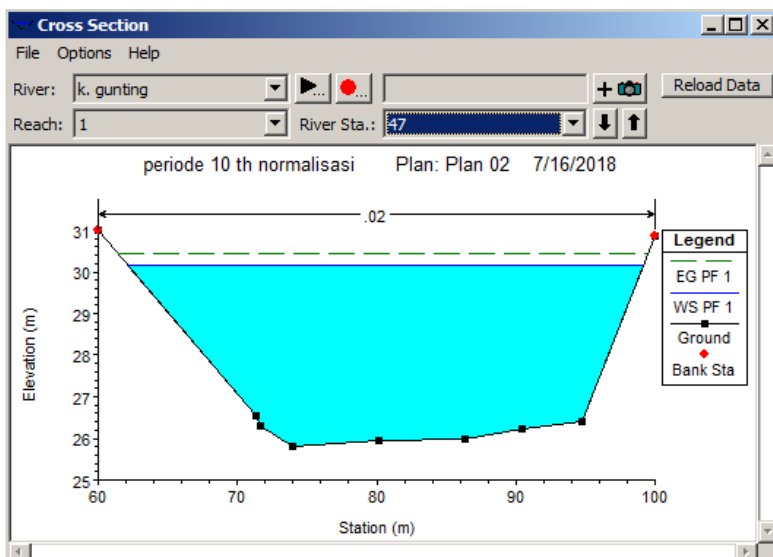


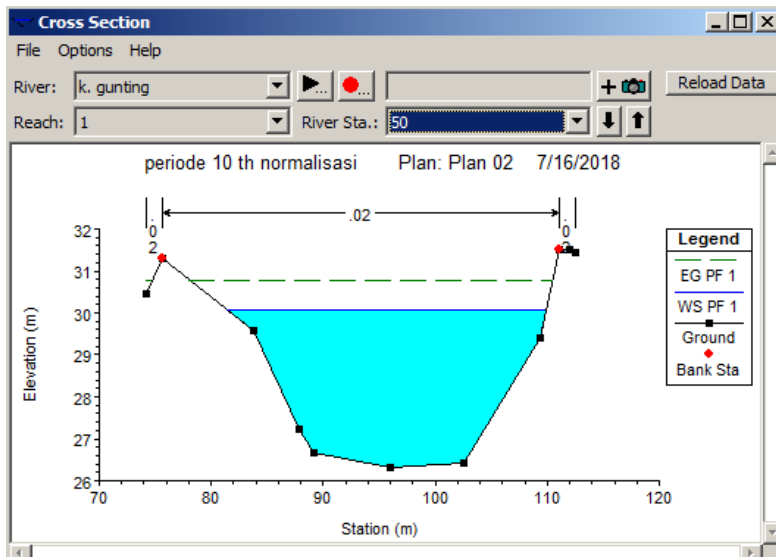
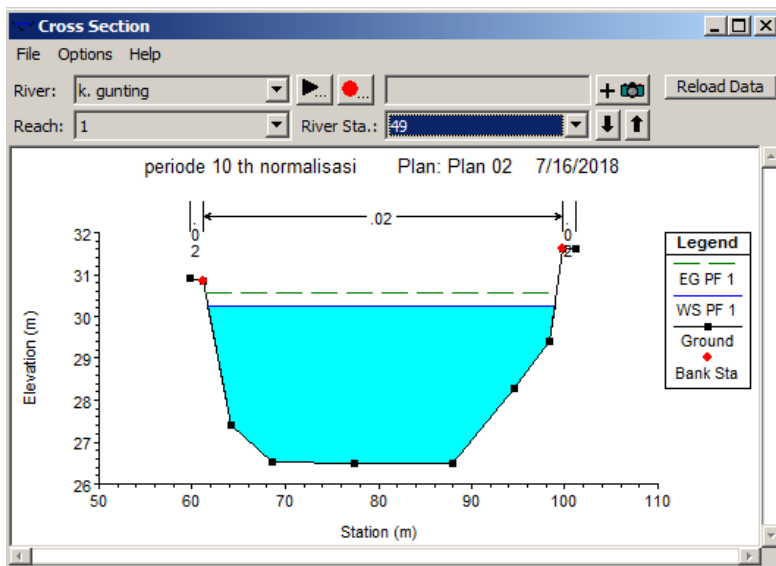


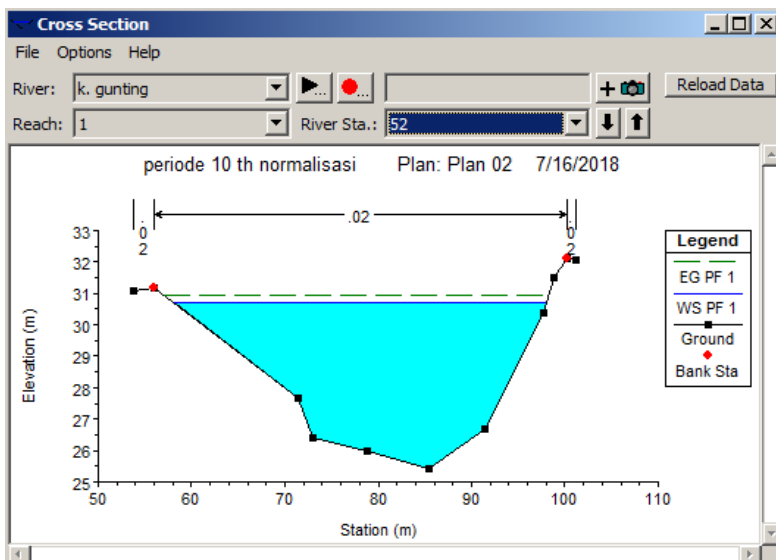
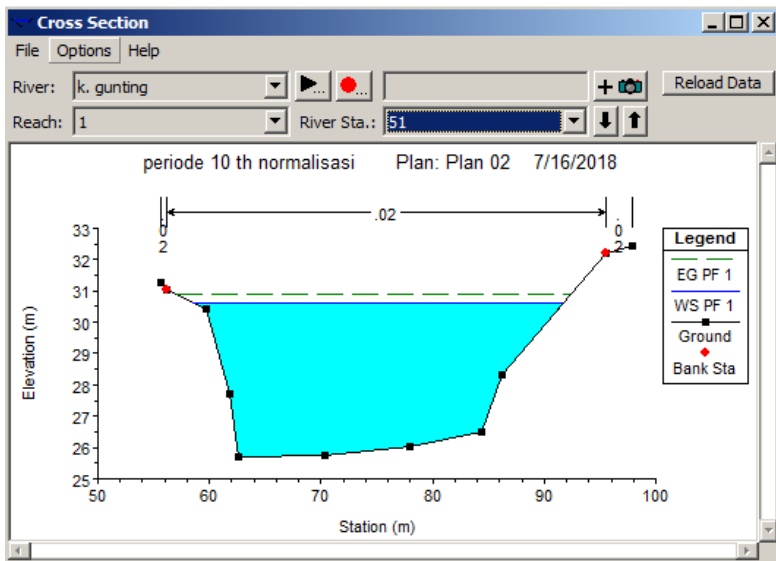


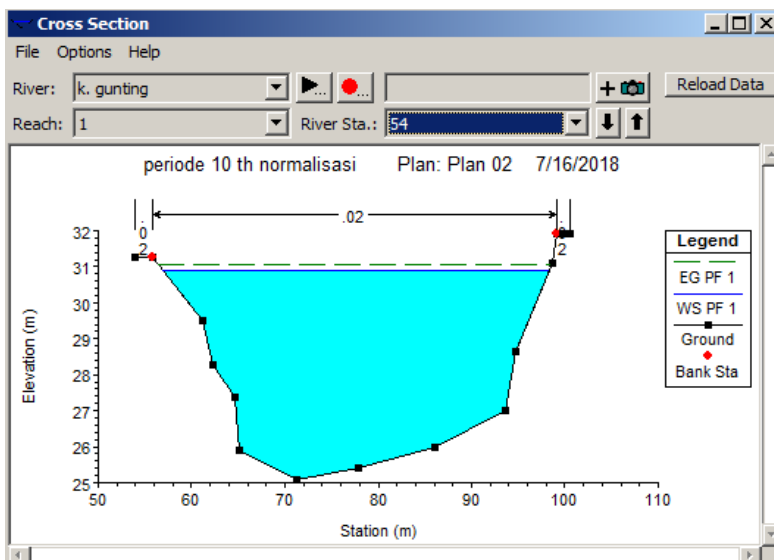
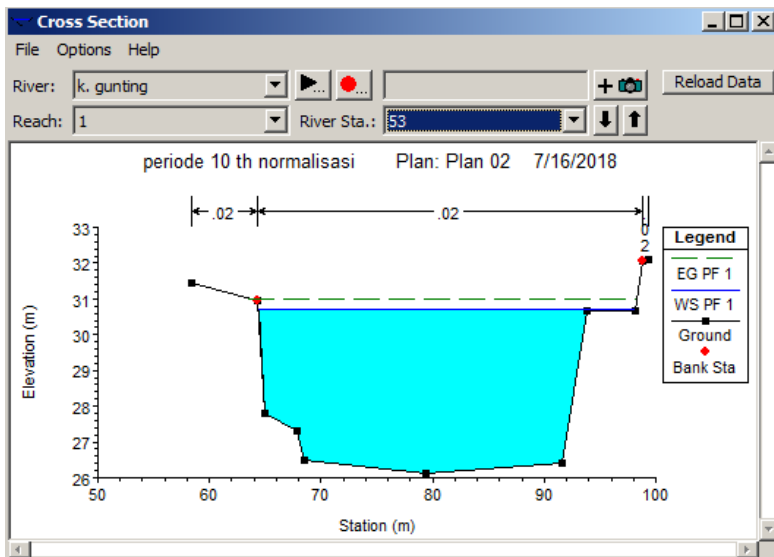


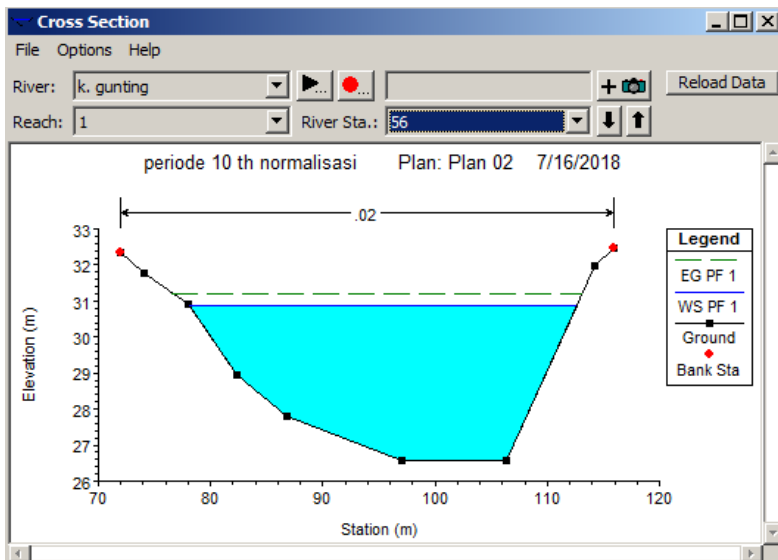
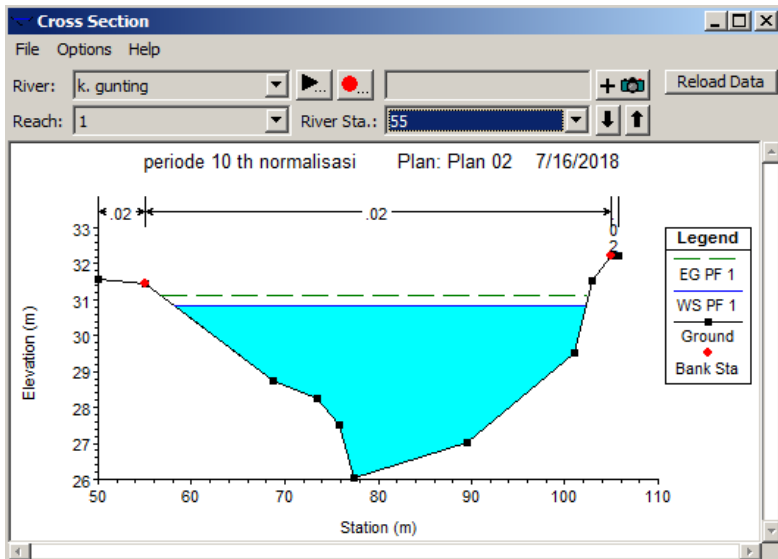




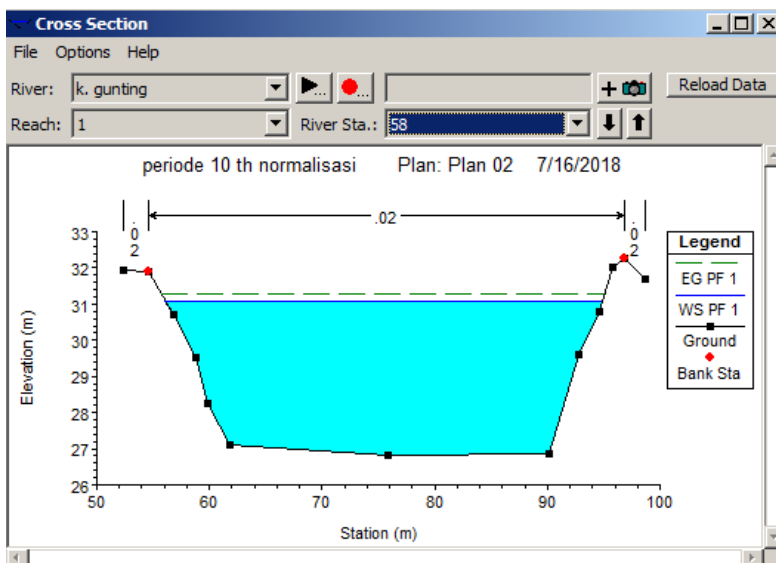
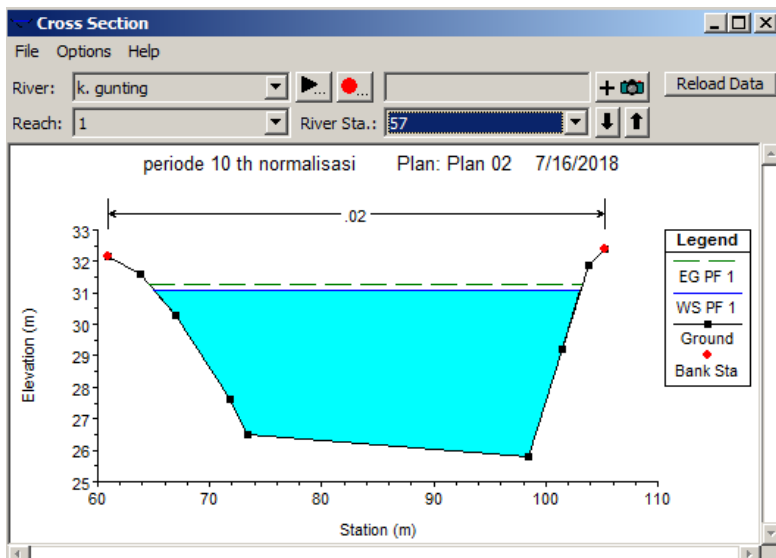


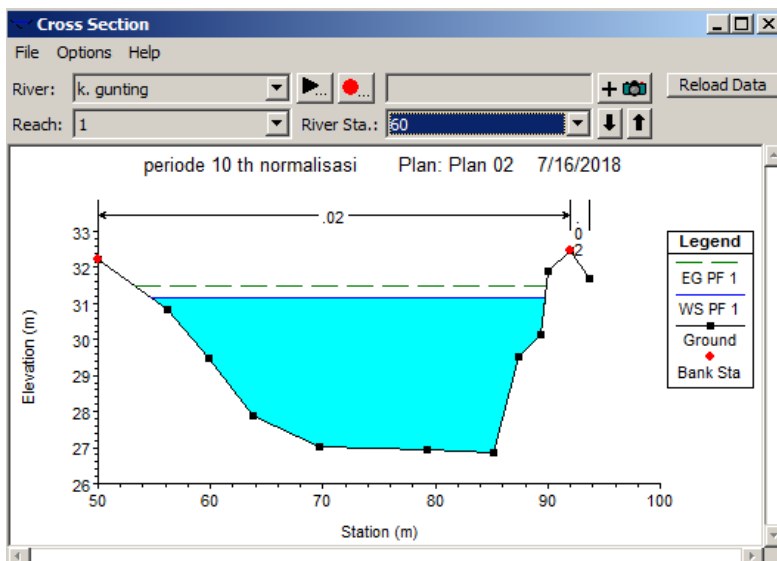
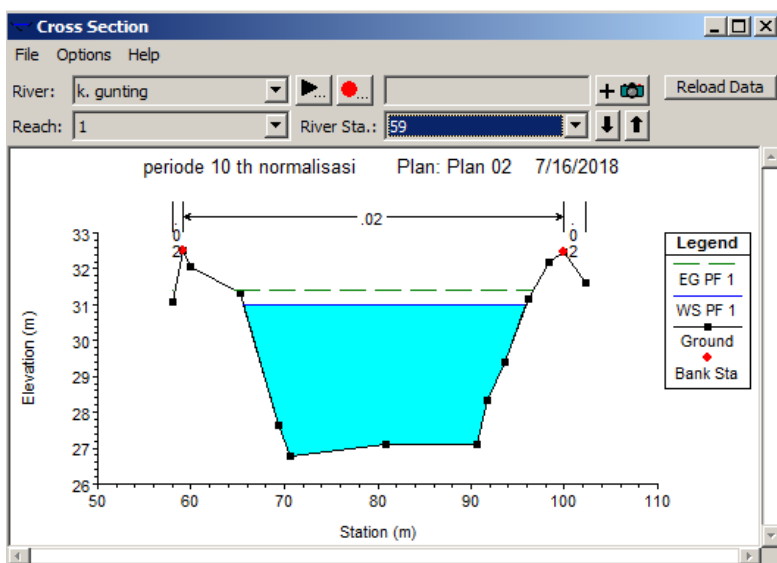


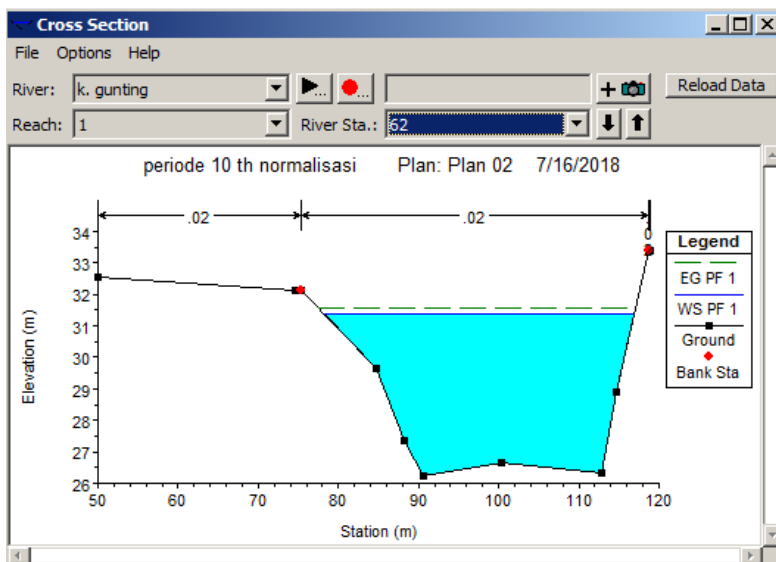
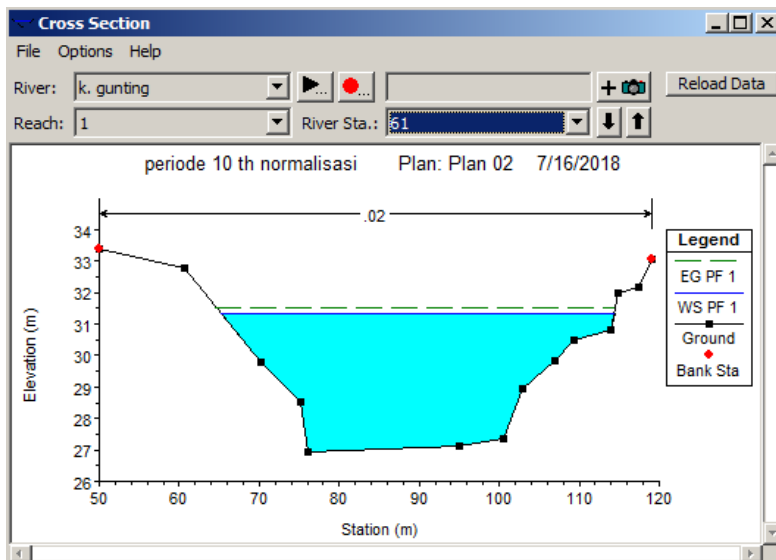


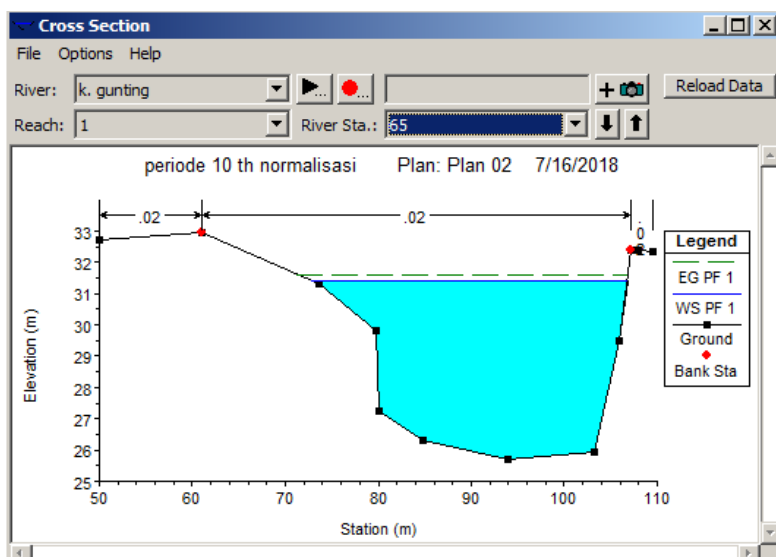
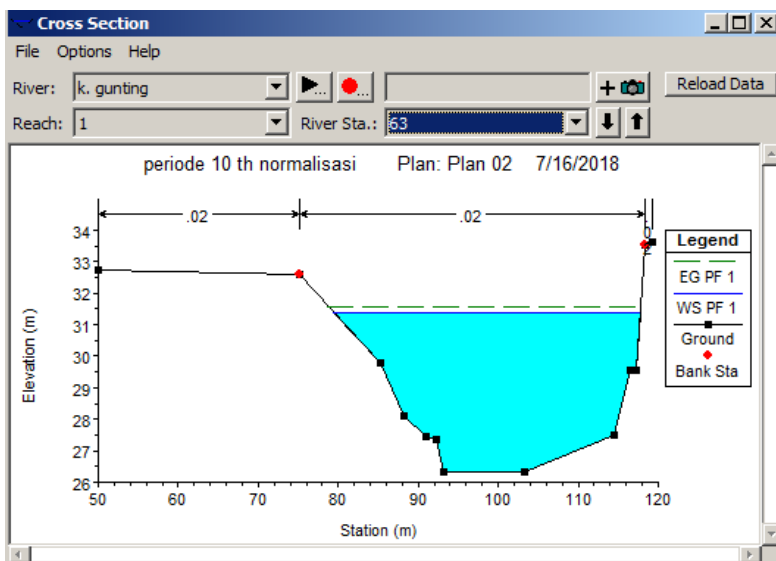


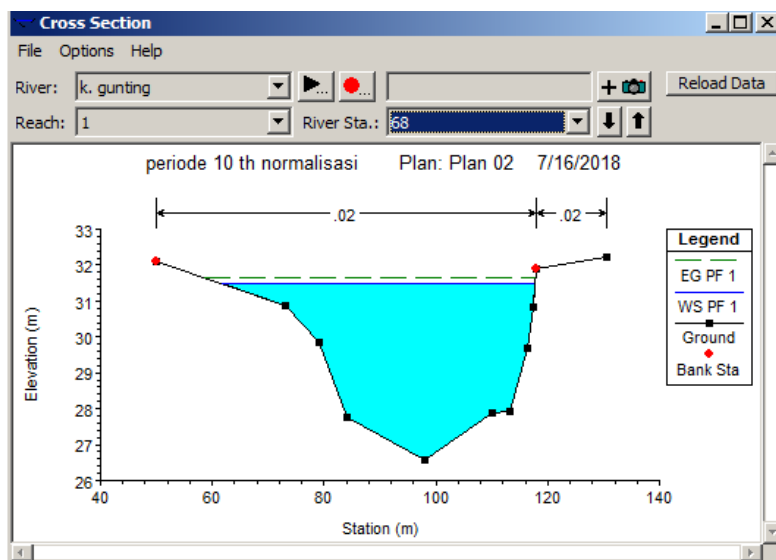
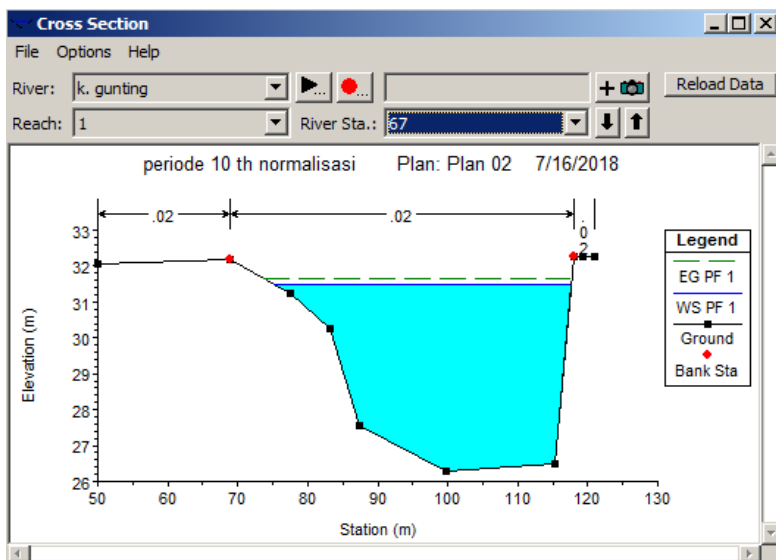


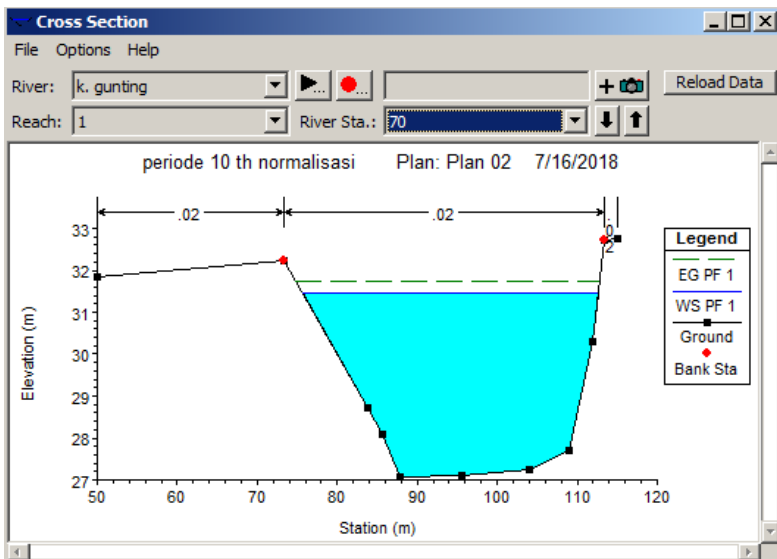
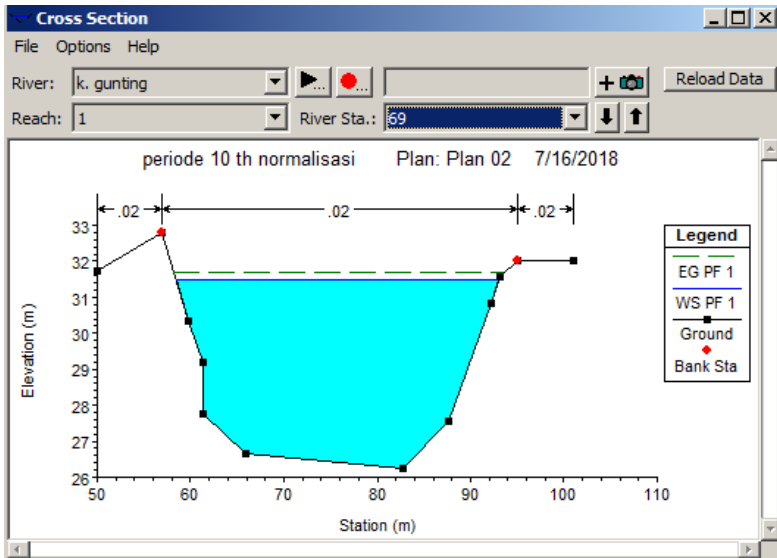


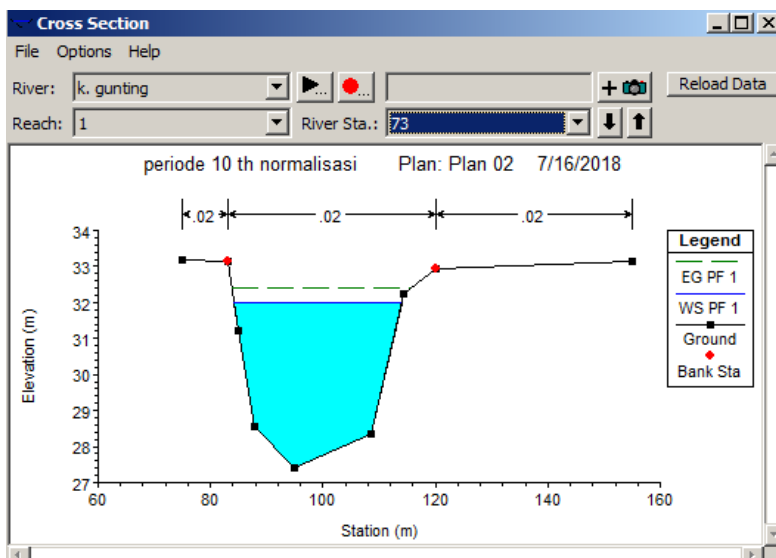
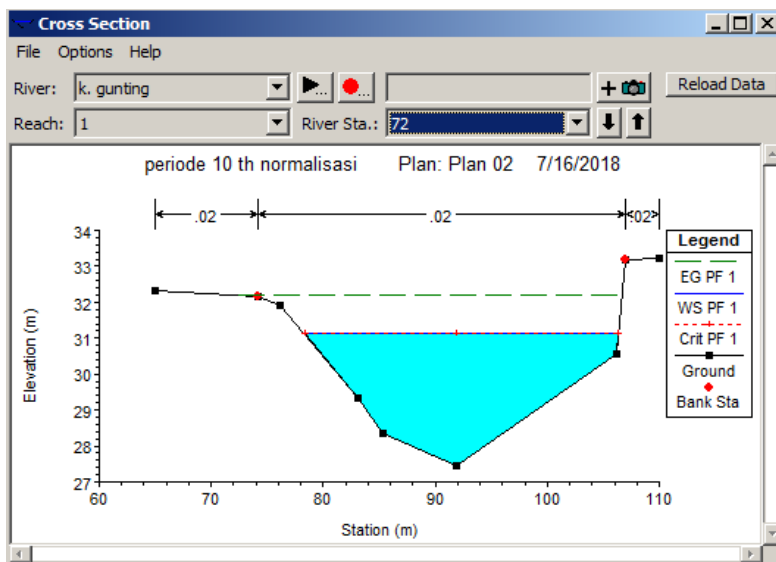


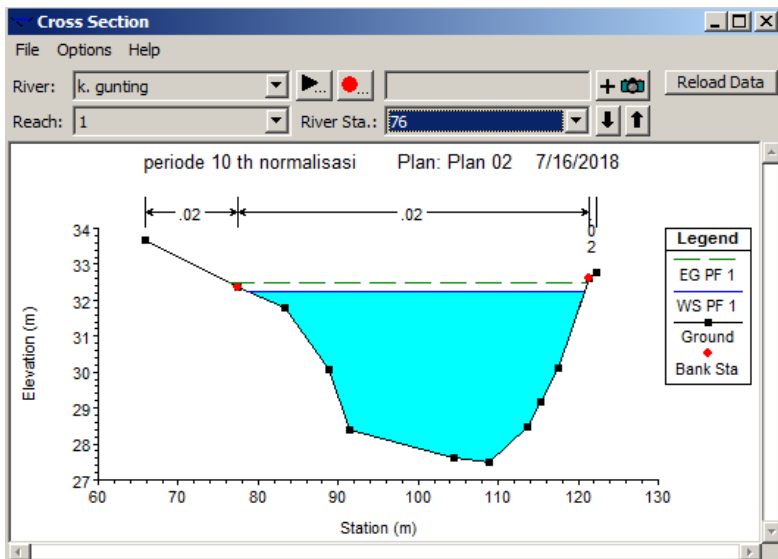
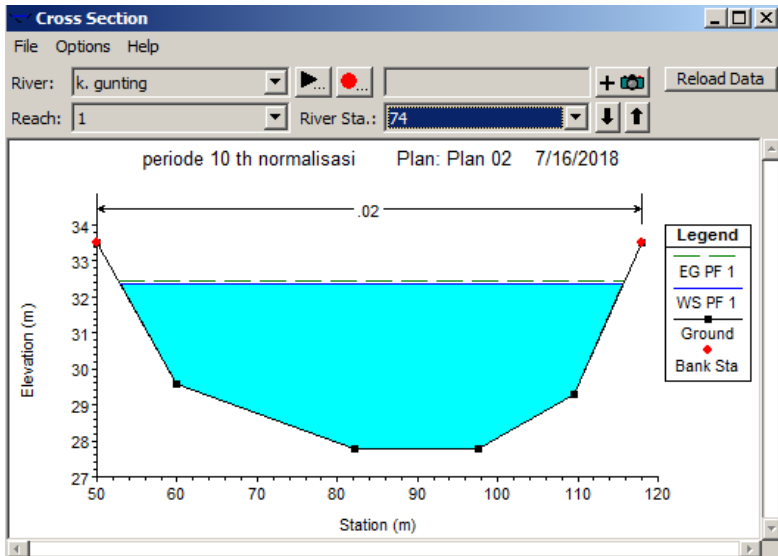




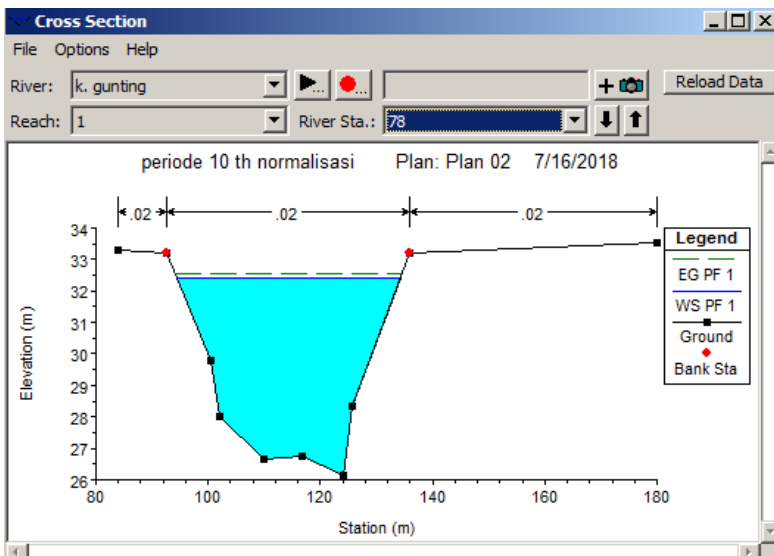
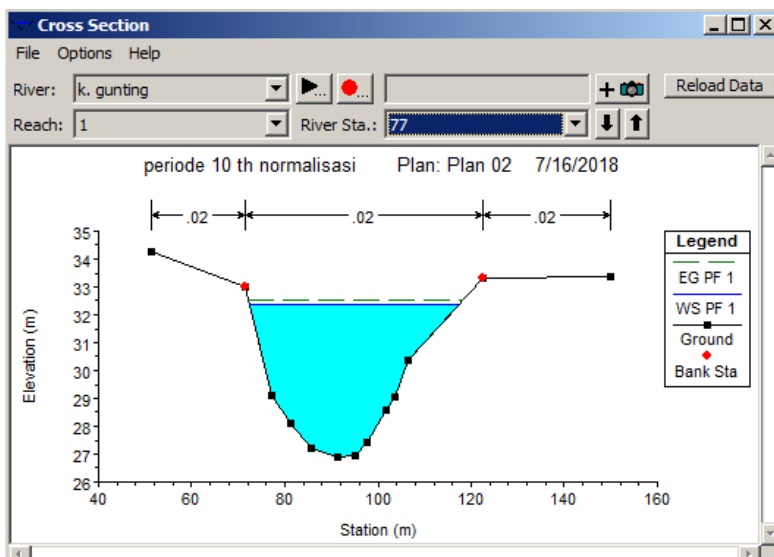


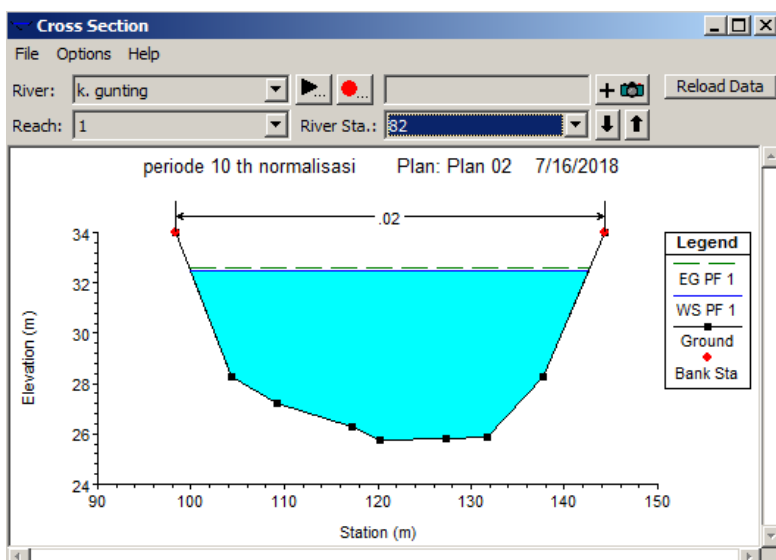
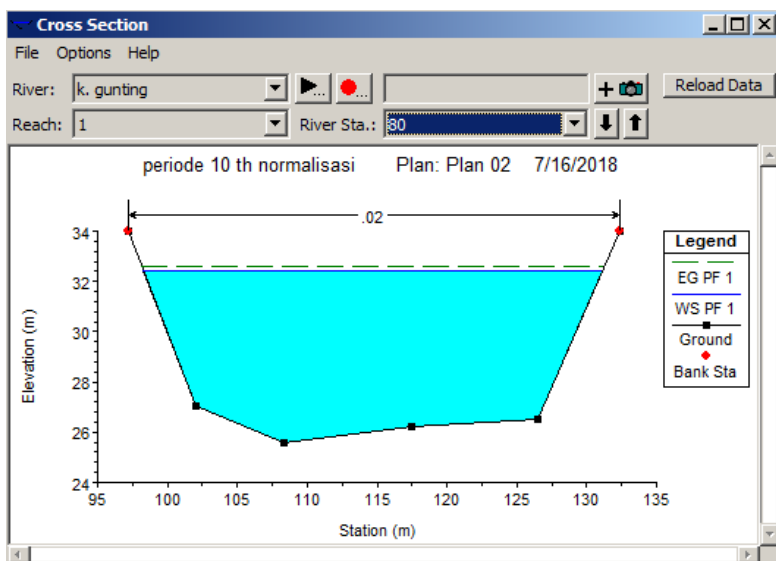


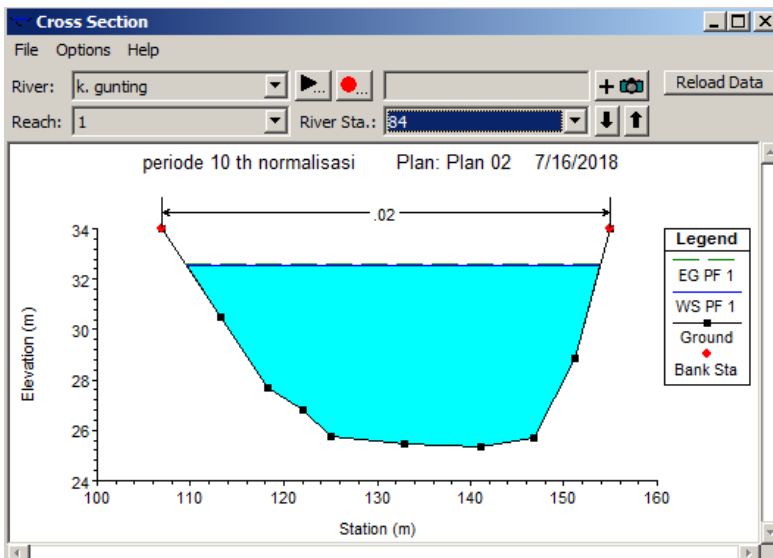
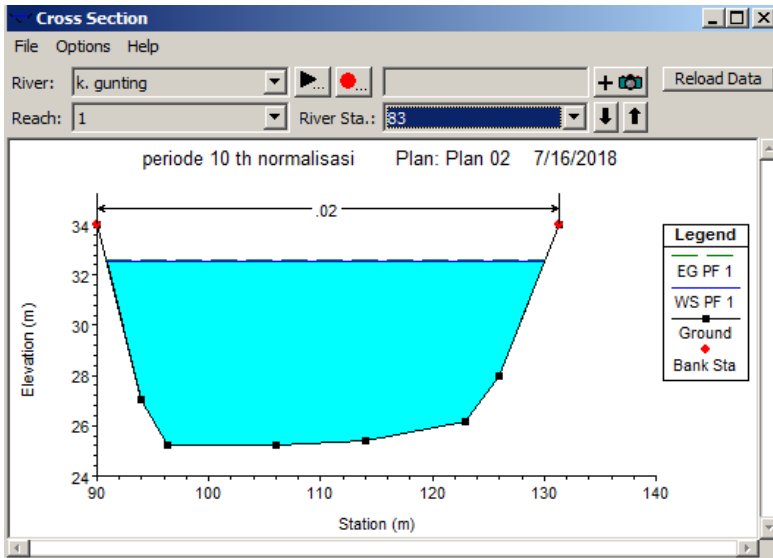


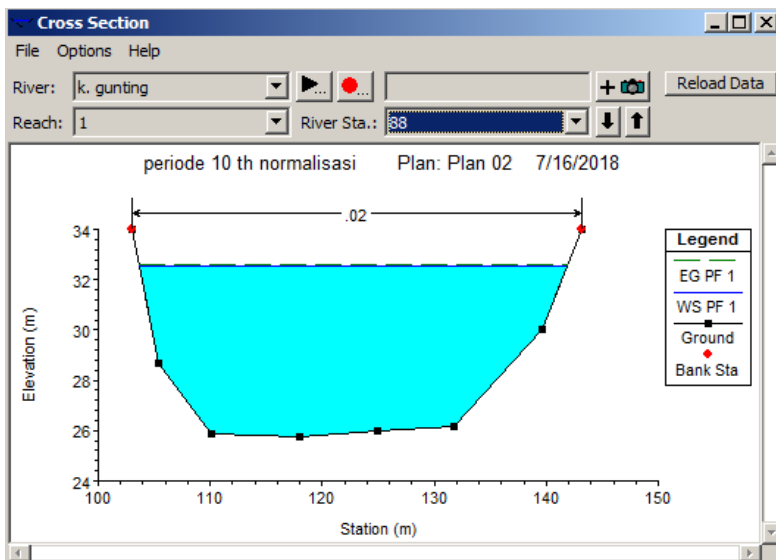
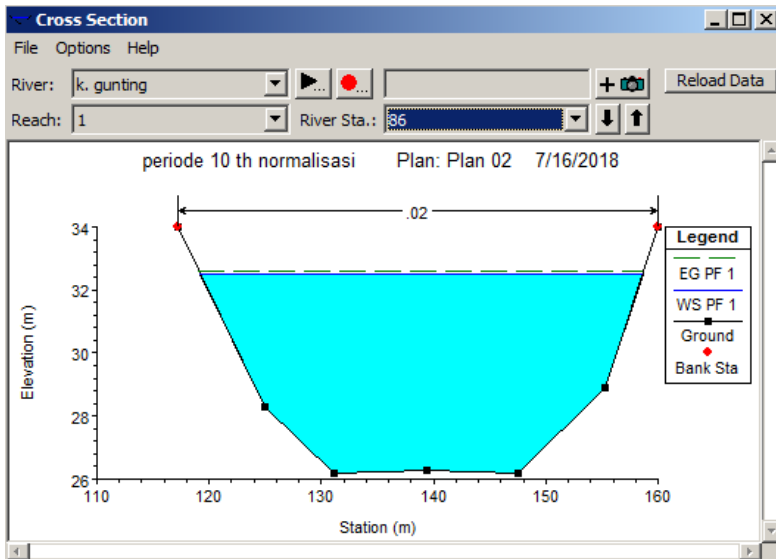


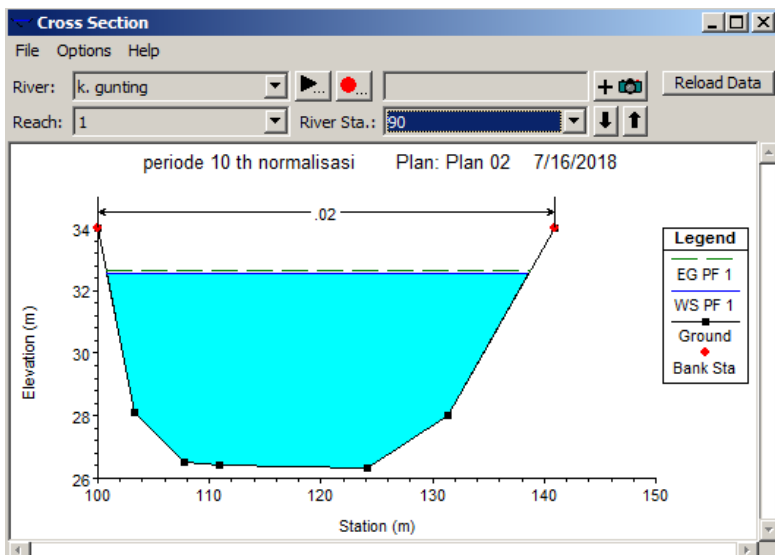
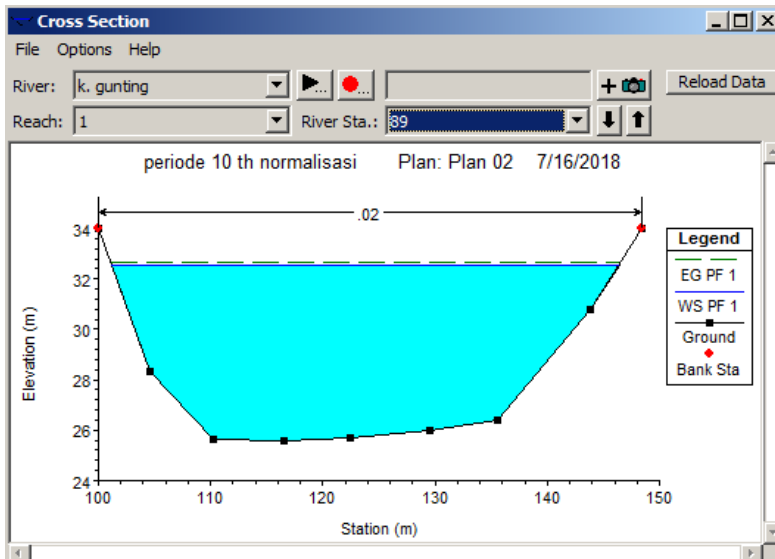


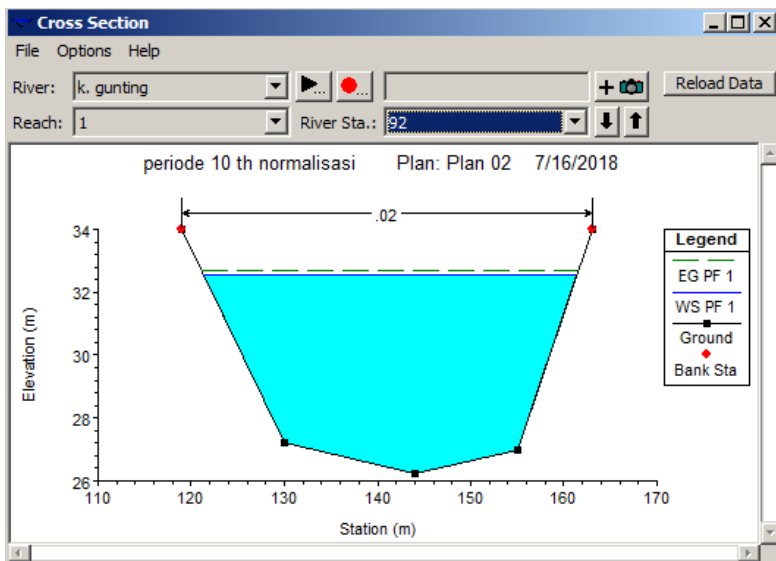
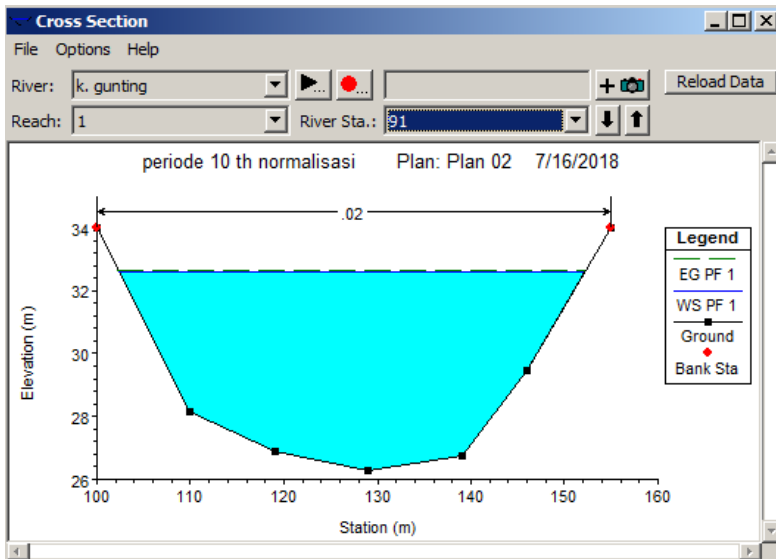


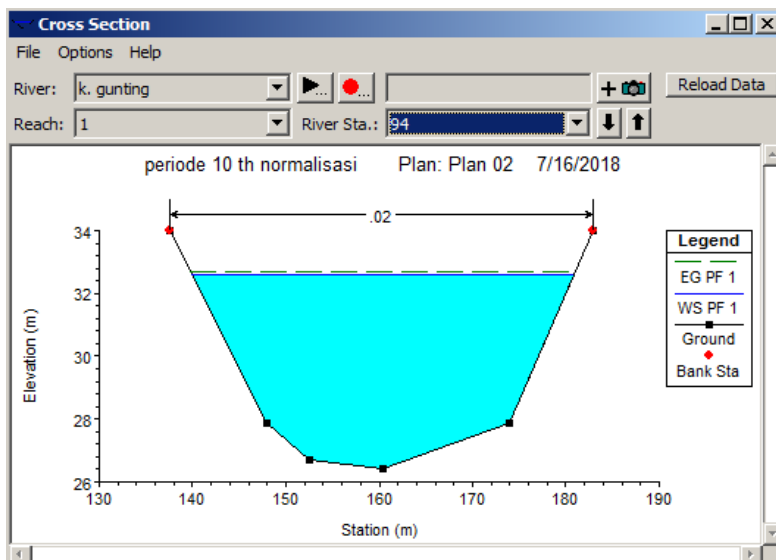
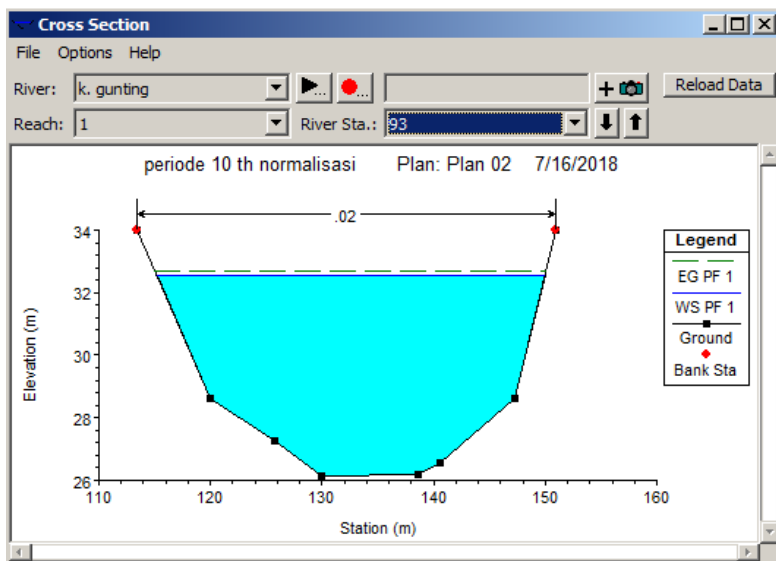


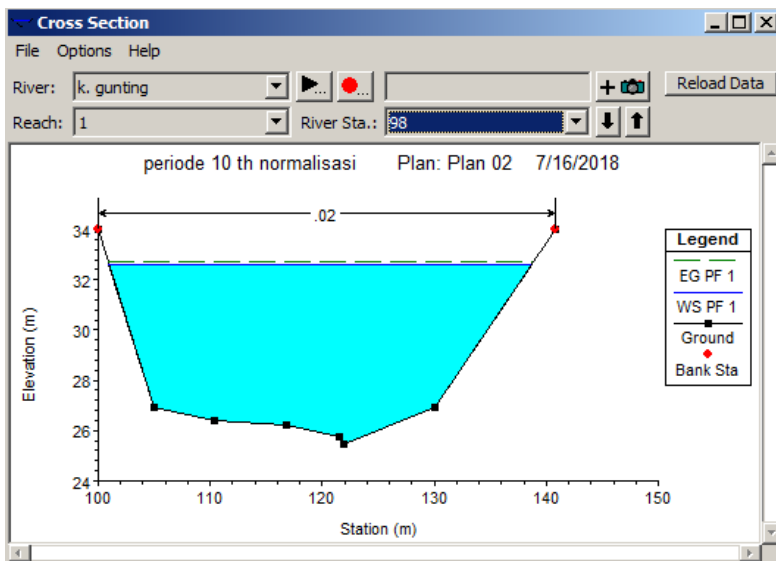
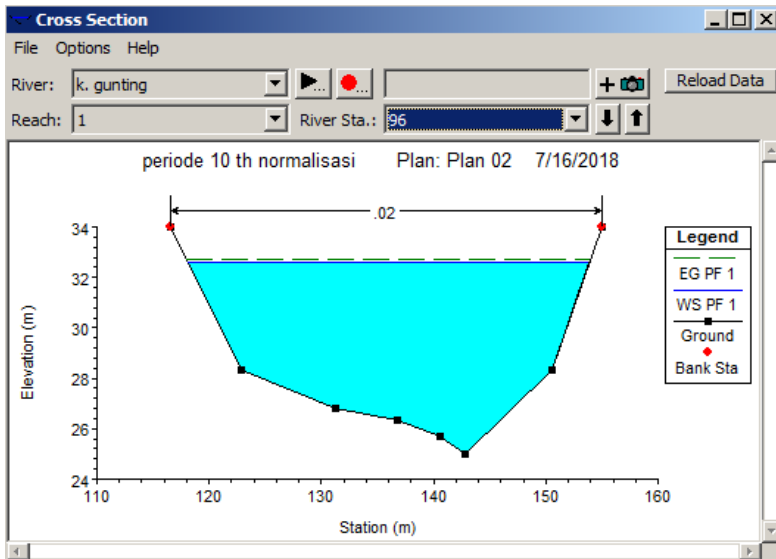




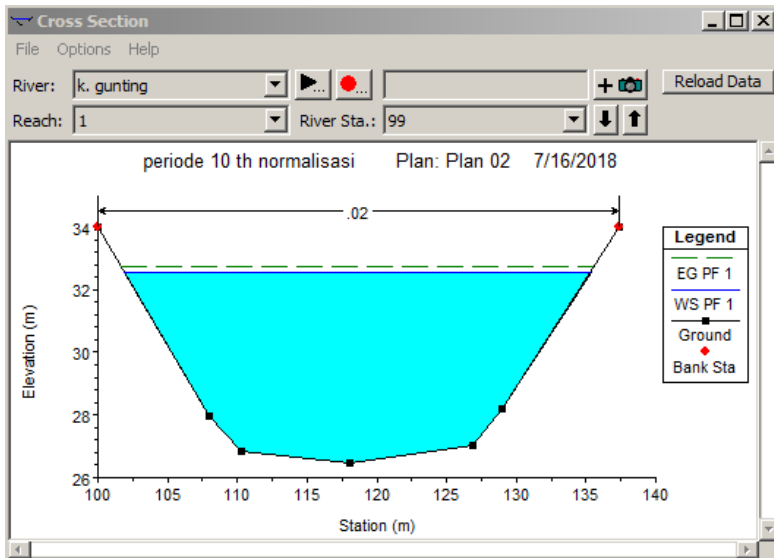


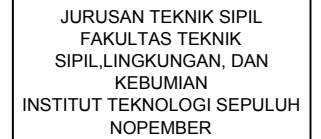












PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

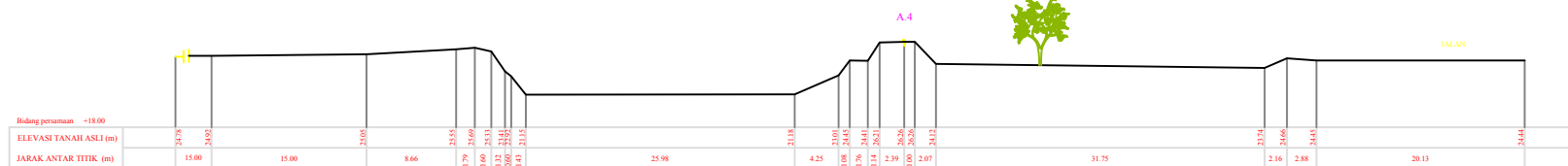
ARDLI KHOIRUR R.

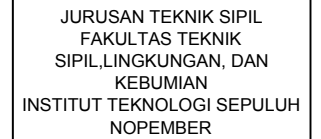
POTONGAN MELINTANG

1: 500

1

21





PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

ARDLI KHOIRUR R.

POTONGAN MELINTANG

1:500

2

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

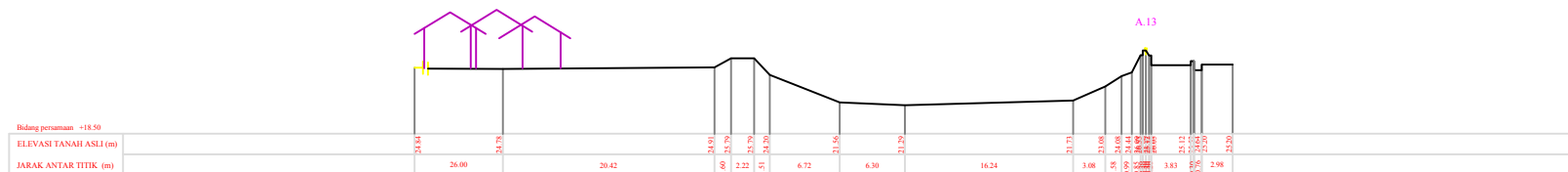
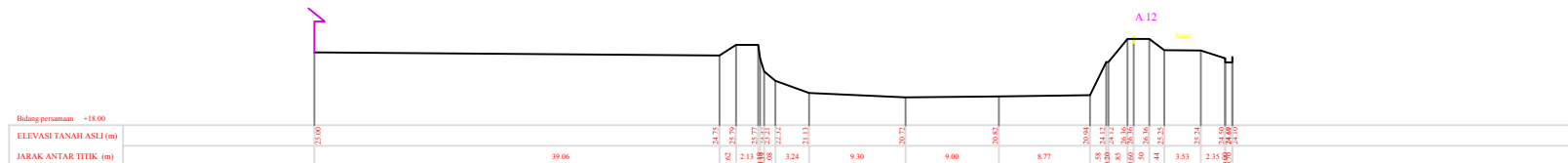
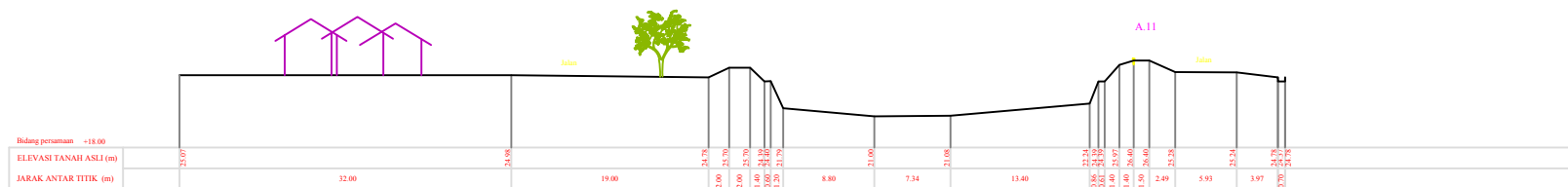
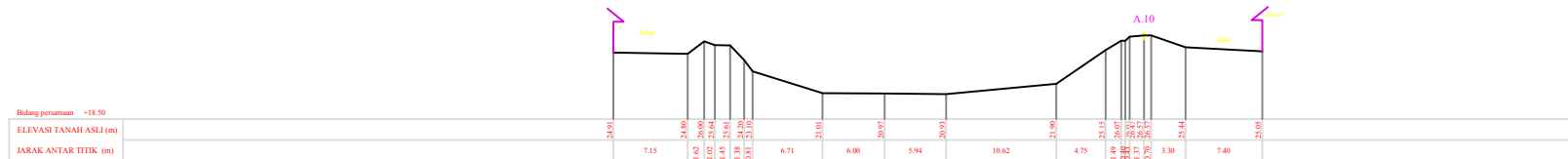
1: 500

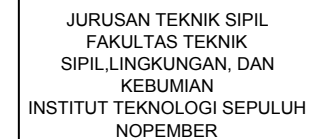
NOMOR GAMBAR

3

JUMLAH GAMBAR

21





PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

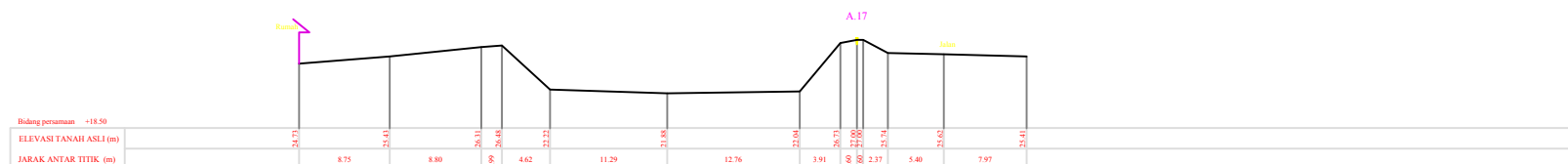
ARDLI KHOIRUR R.

POTONGAN MELINTANG

1:500

4

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

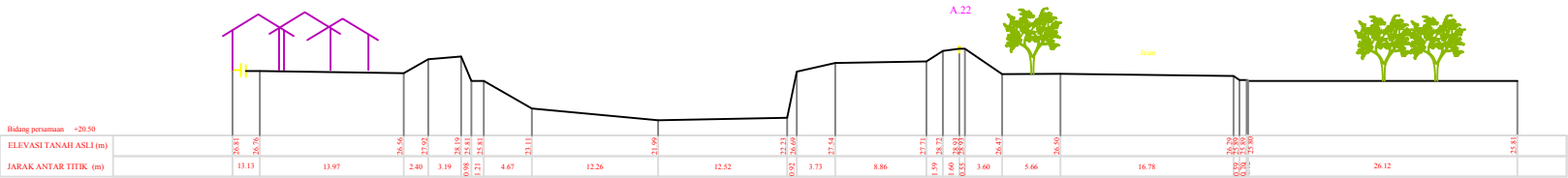
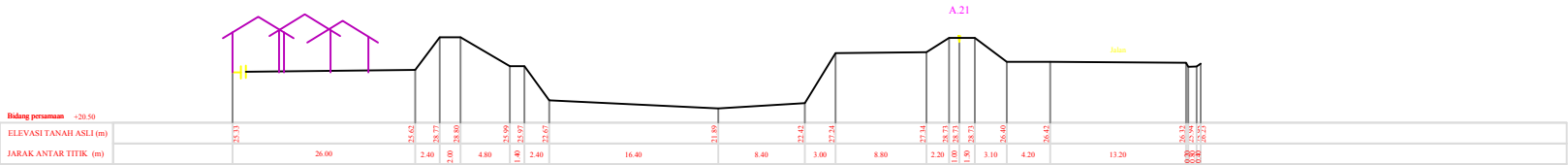
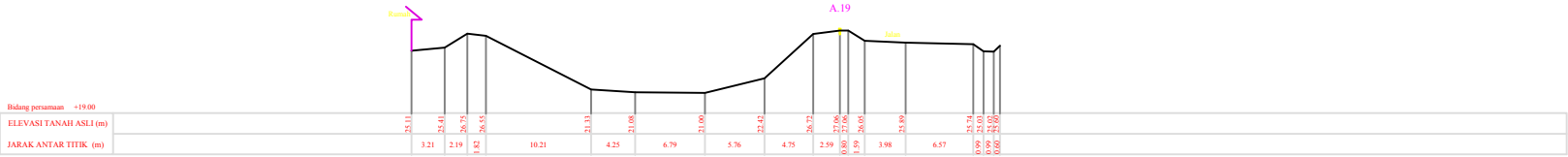
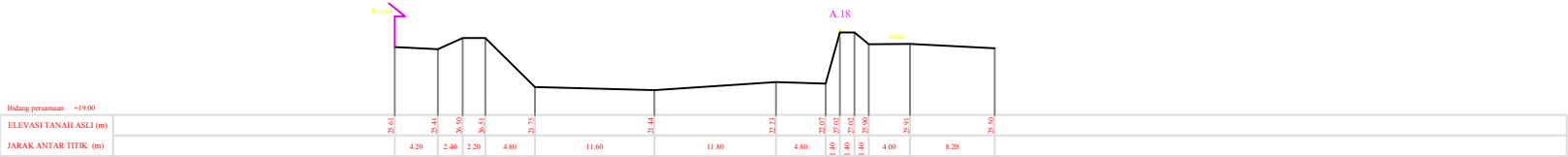
1: 500

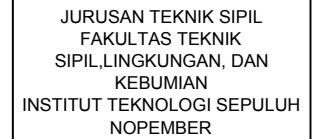
NOMOR GAMBAR

5

JUMLAH GAMBAR

21



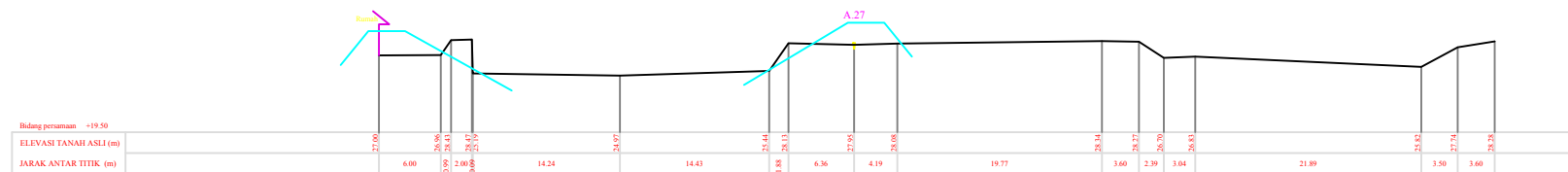


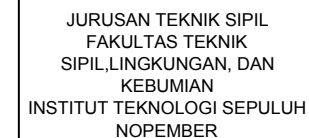
PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA GAMBAR

21





# PENANGGULANGAN BANJIR KALI GUNTING DI KABUPATEN JOMBANG

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

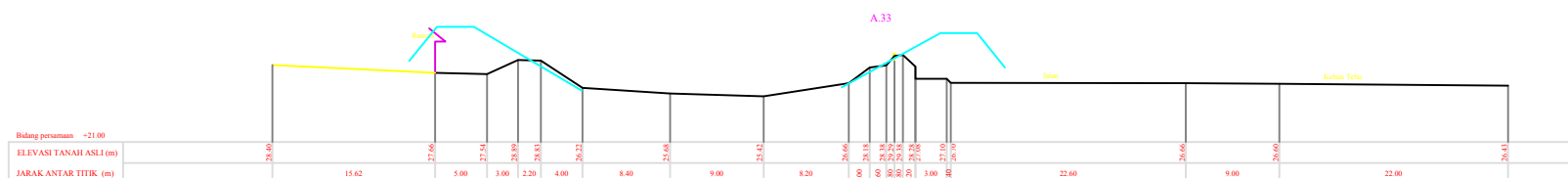
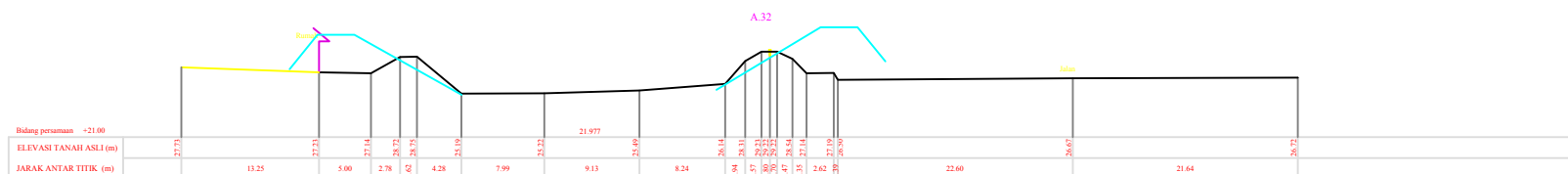
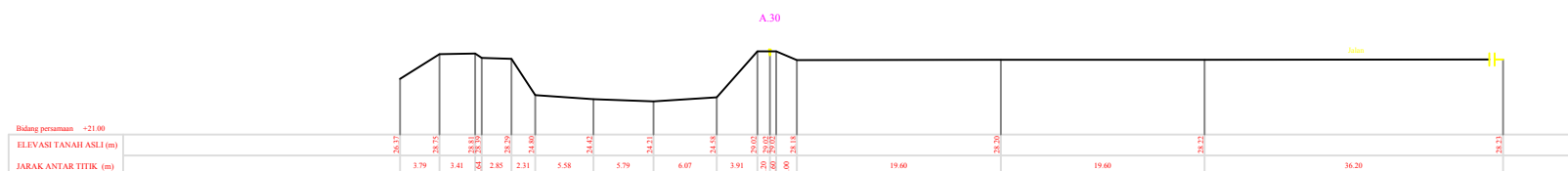
ARDLI KHOIRUR R.

POTONGAN MELINTANG

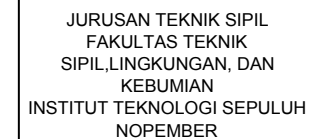
1:500

7

21







PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

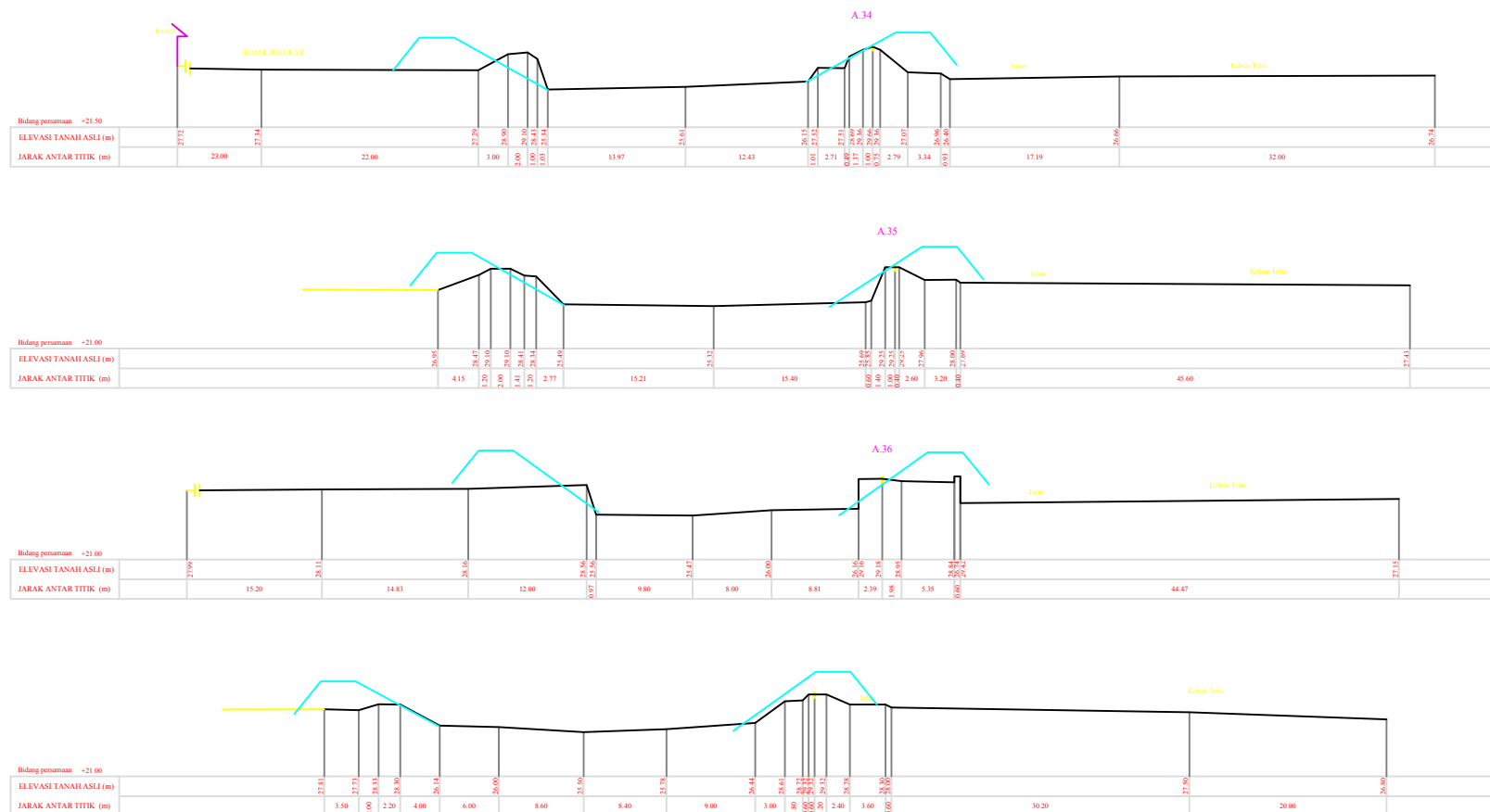
ARDLI KHOIRUR R.

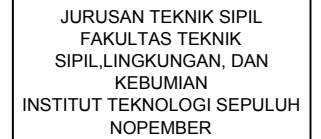
POTONGAN MELINTANG

1:500

8

21





PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

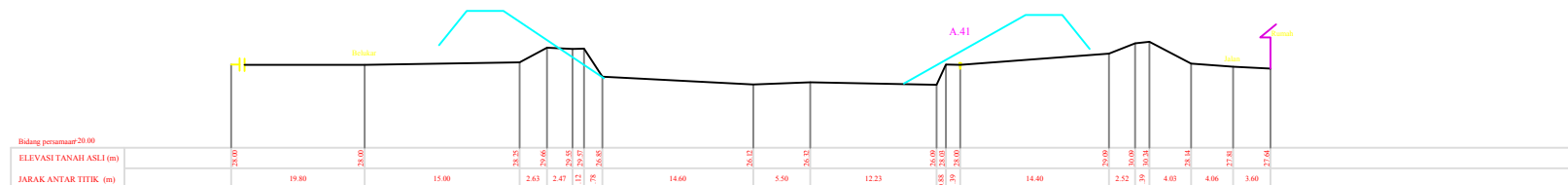
ARDLI KHOIRUR R.

POTONGAN MELINTANG

1:500

9

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

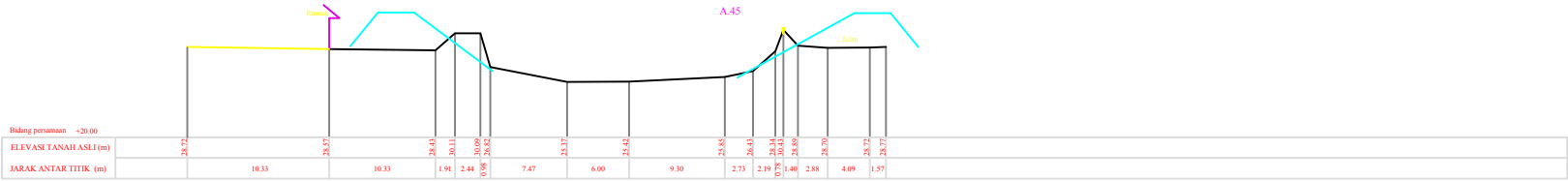
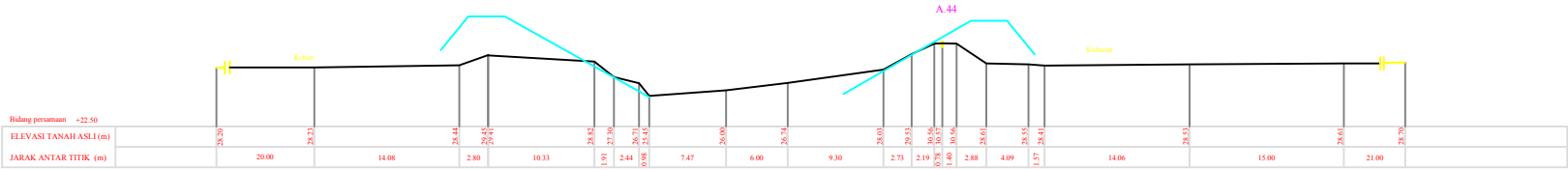
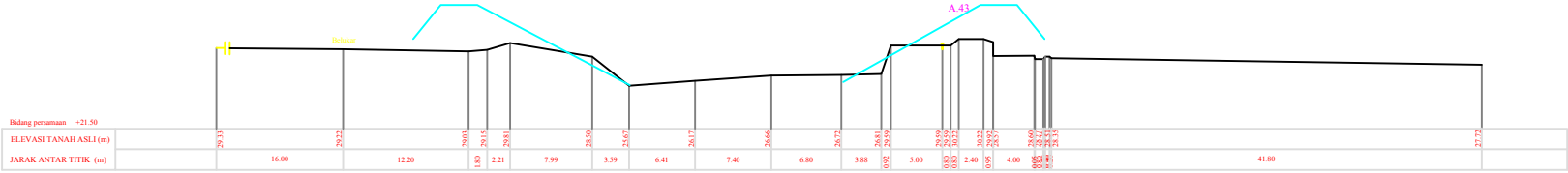
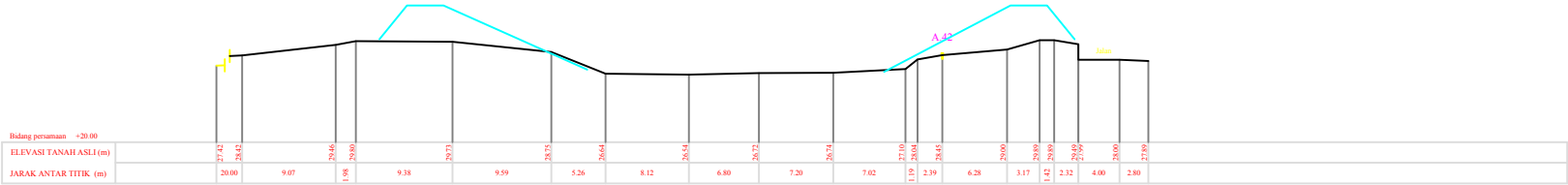
1: 500

NOMOR GAMBAR

10

JUMLAH GAMBAR

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

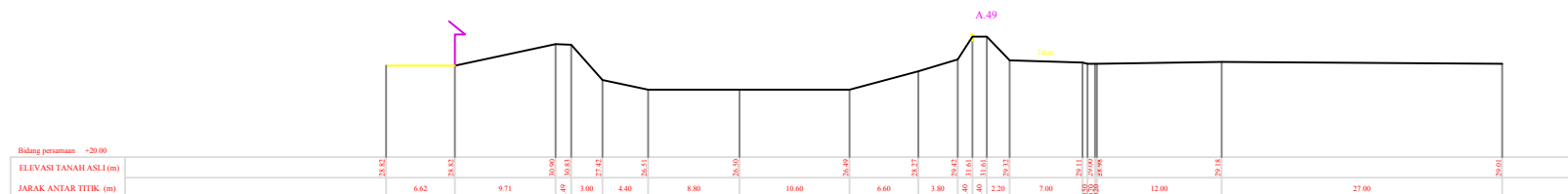
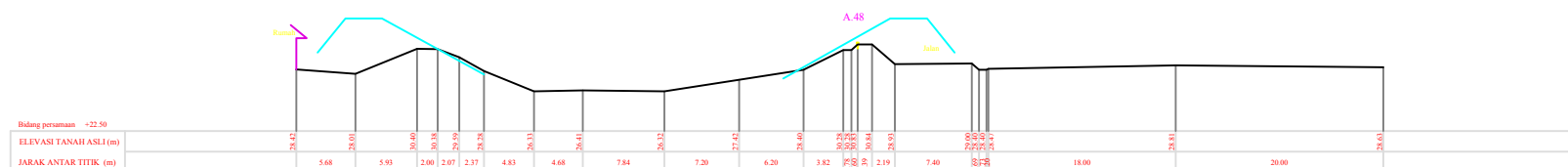
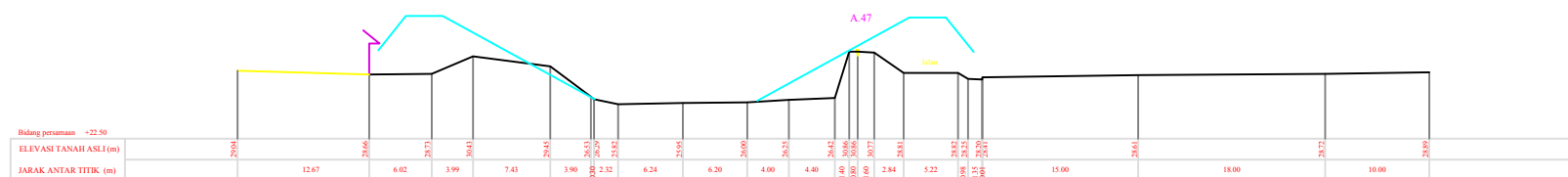
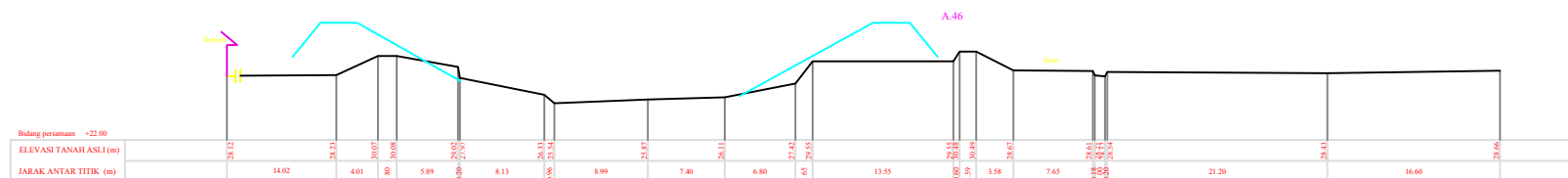
1: 500

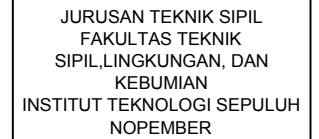
NOMOR GAMBAR

11

JUMLAH GAMBAR

21





PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

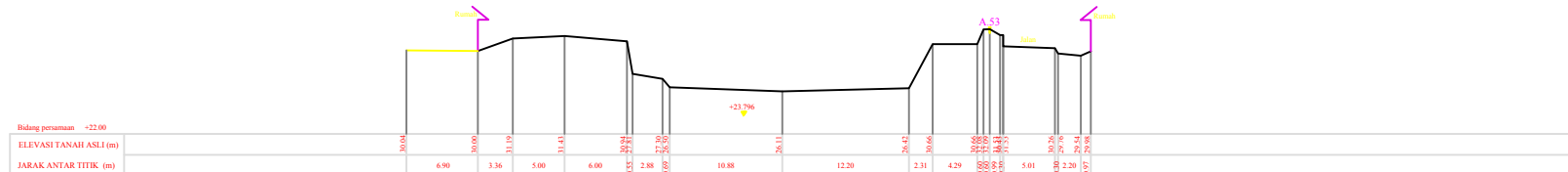
ARDLI KHOIRUR R.

POTONGAN MELINTANG

1:500

12

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

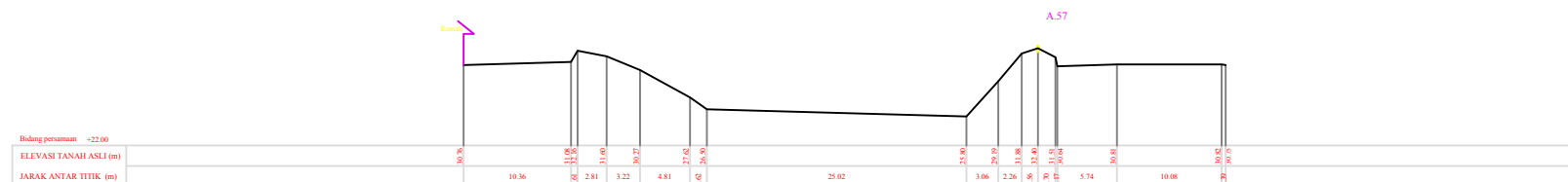
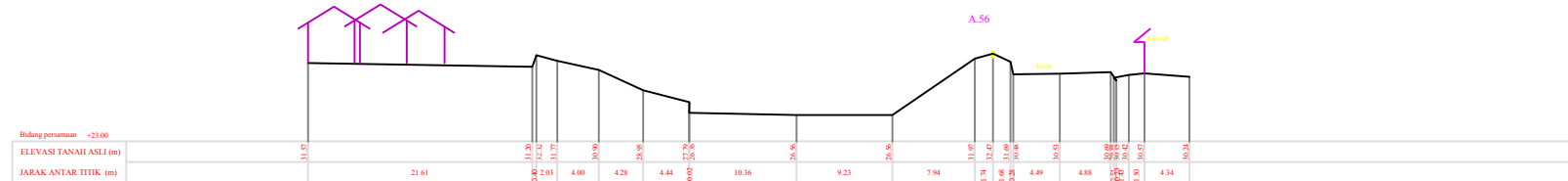
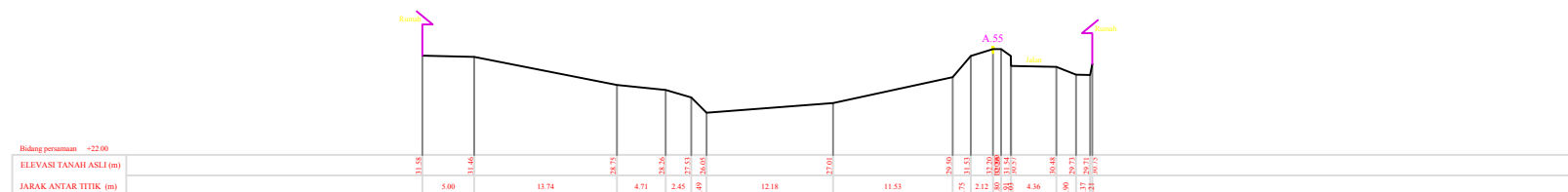
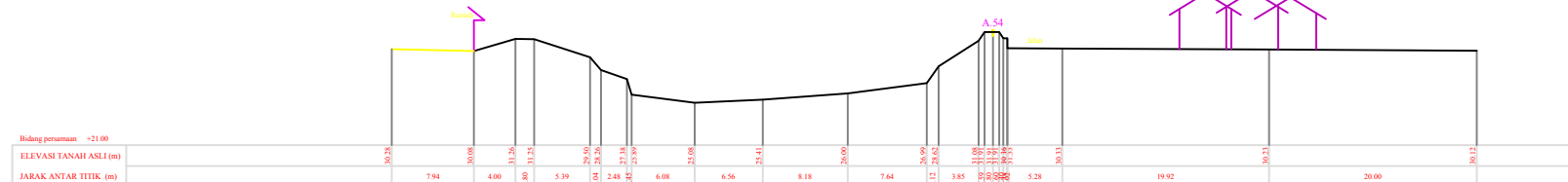
1: 500

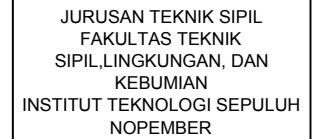
NOMOR GAMBAR

13

JUMLAH GAMBAR

21





PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

ARDLI KHOIRUR R.

POTONGAN MELINTANG

1:500

14

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

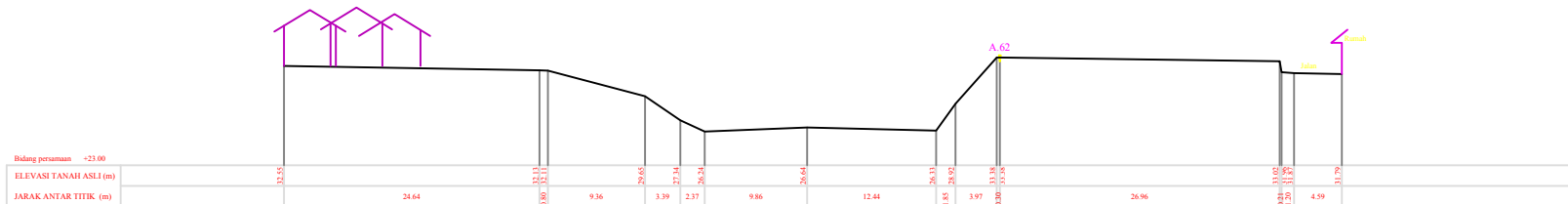
1: 500

NOMOR GAMBAR

15

JUMLAH GAMBAR

21







JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

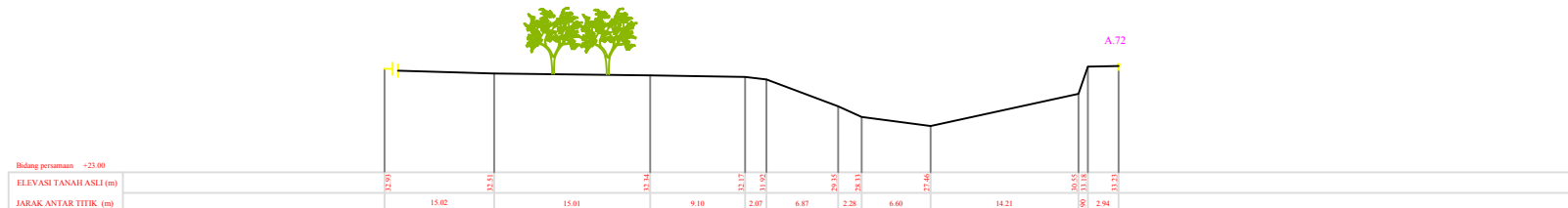
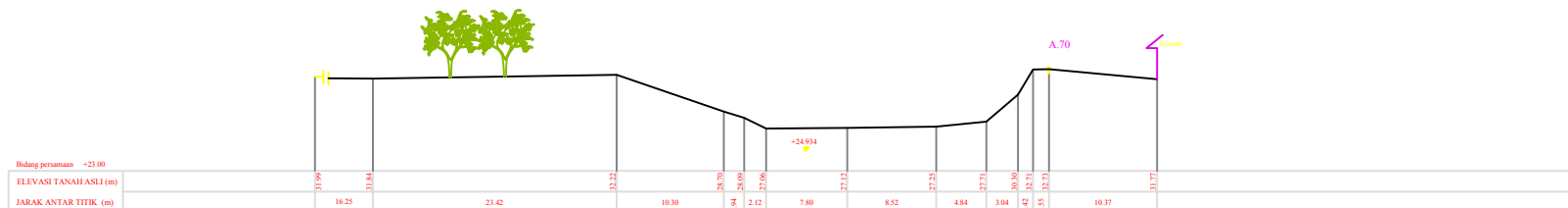
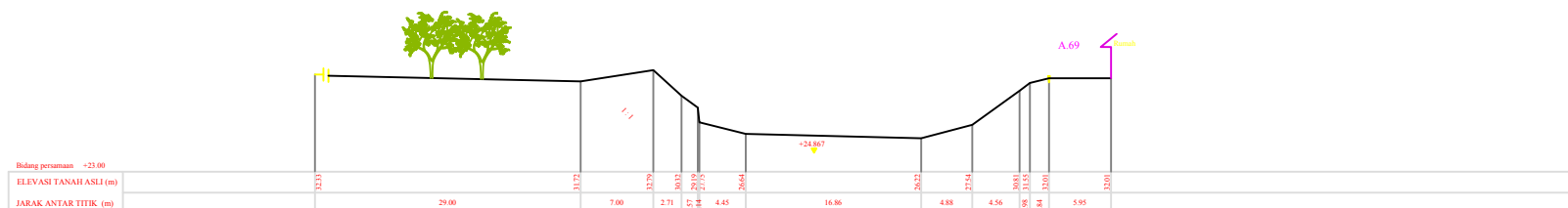
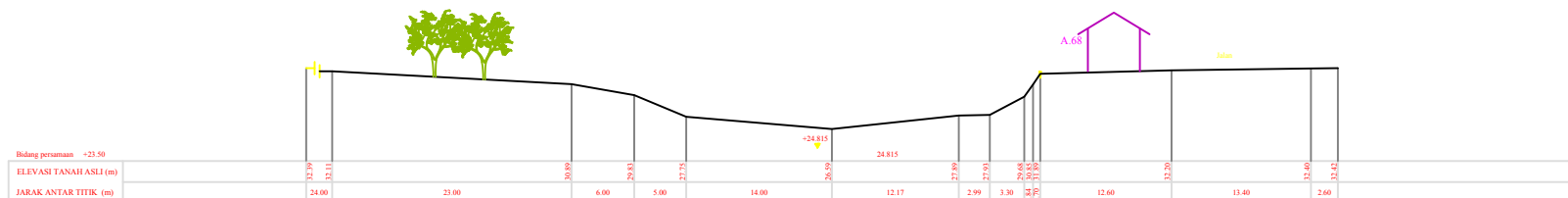
1: 500

NOMOR GAMBAR

16

JUMLAH GAMBAR

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

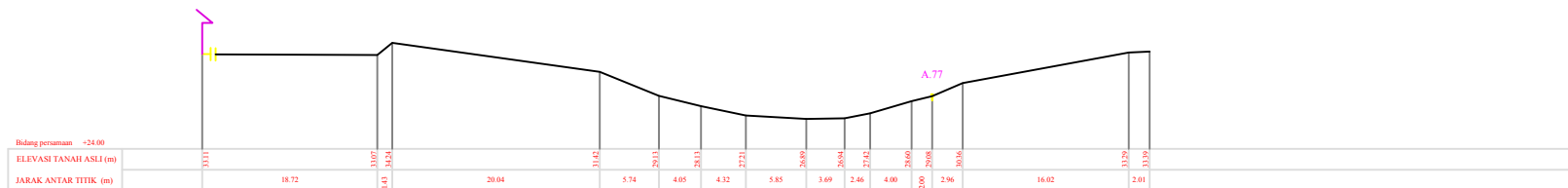
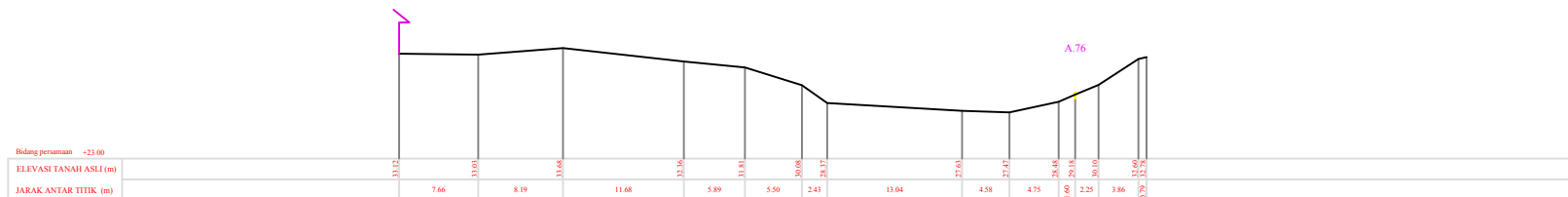
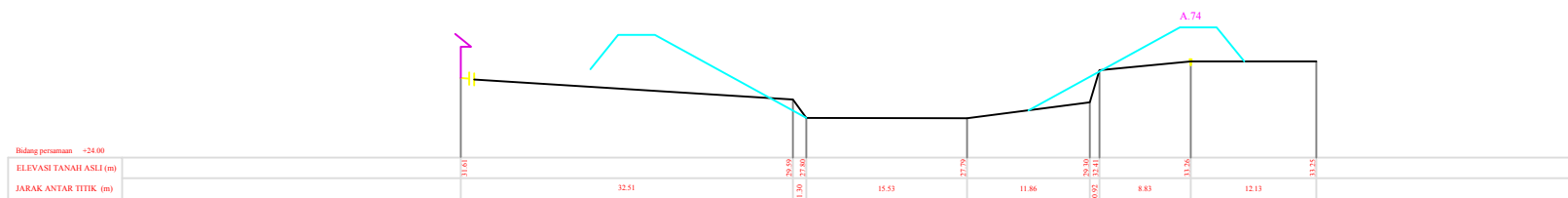
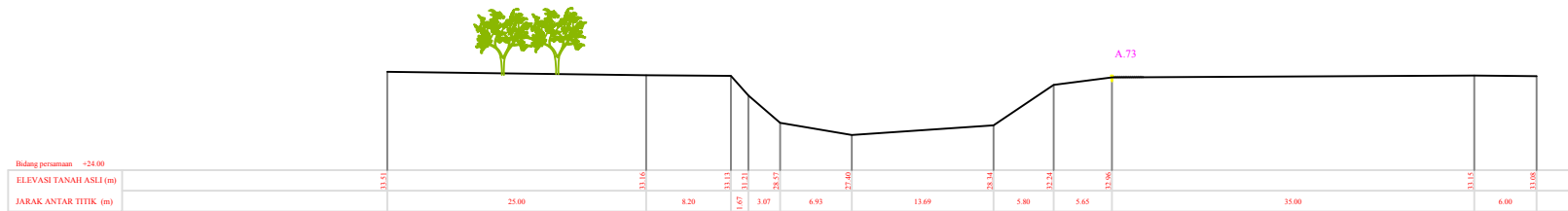
1: 500

NOMOR GAMBAR

17

JUMLAH GAMBAR

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

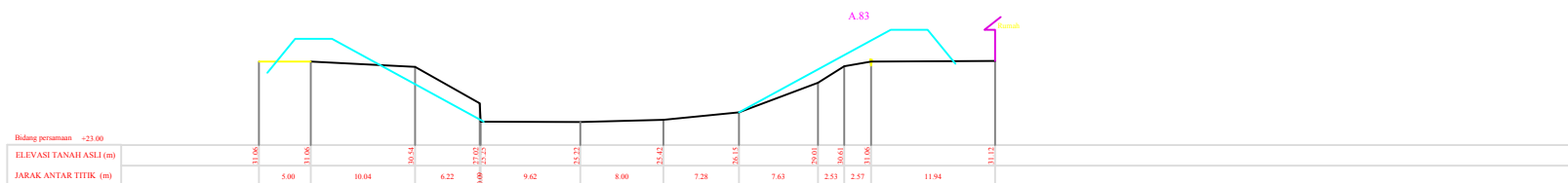
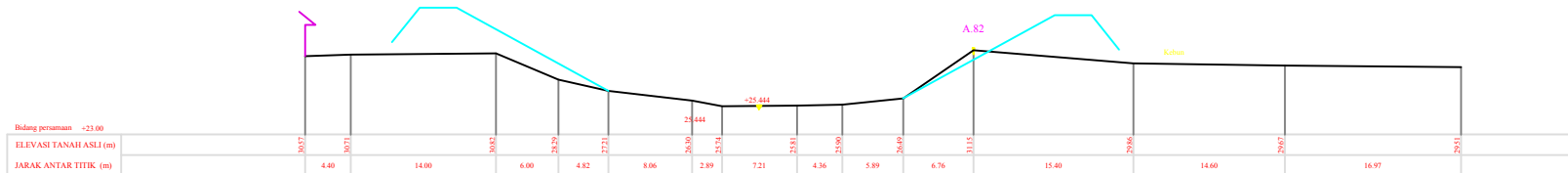
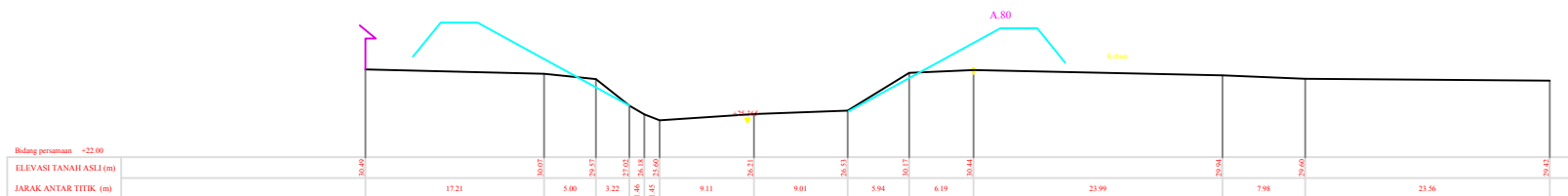
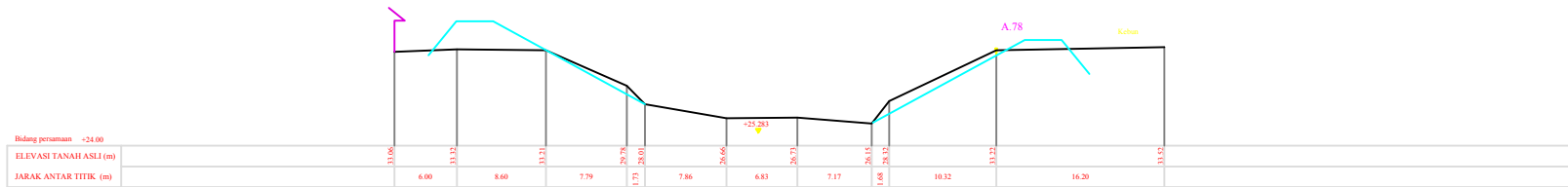
1: 500

NOMOR GAMBAR

18

JUMLAH GAMBAR

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

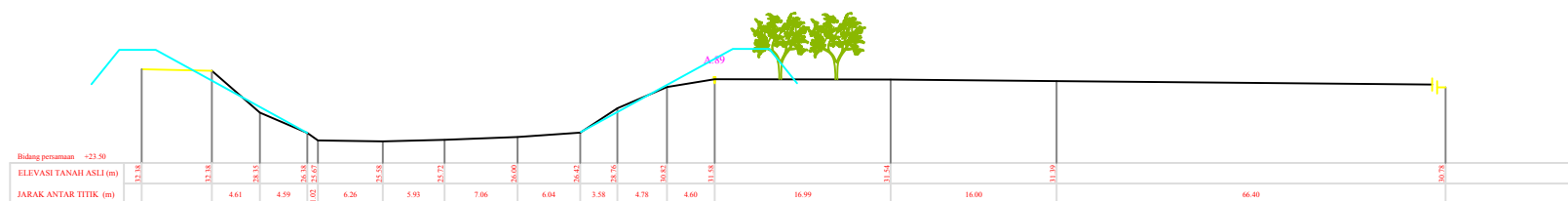
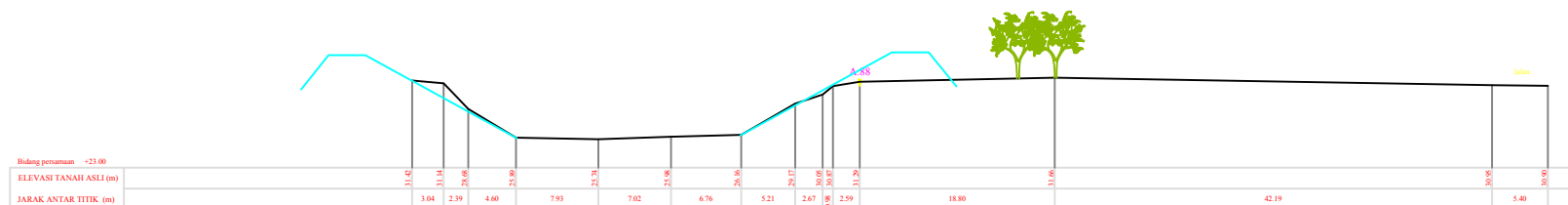
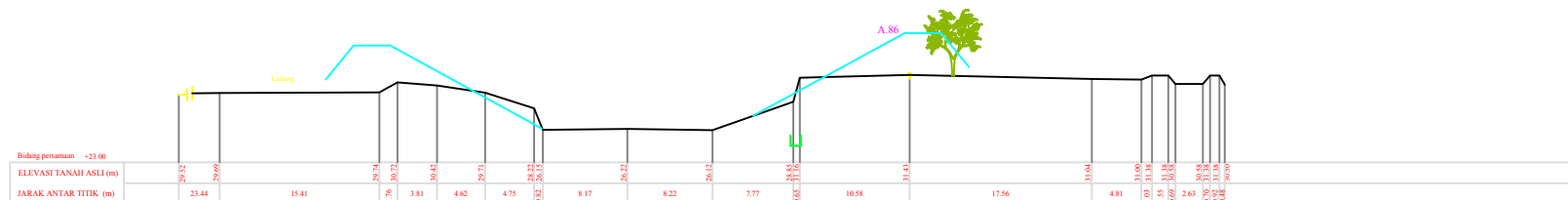
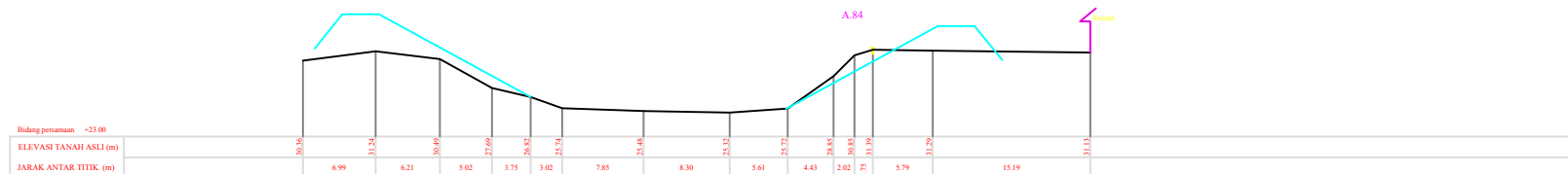
1: 500

NOMOR GAMBAR

19

JUMLAH GAMBAR

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

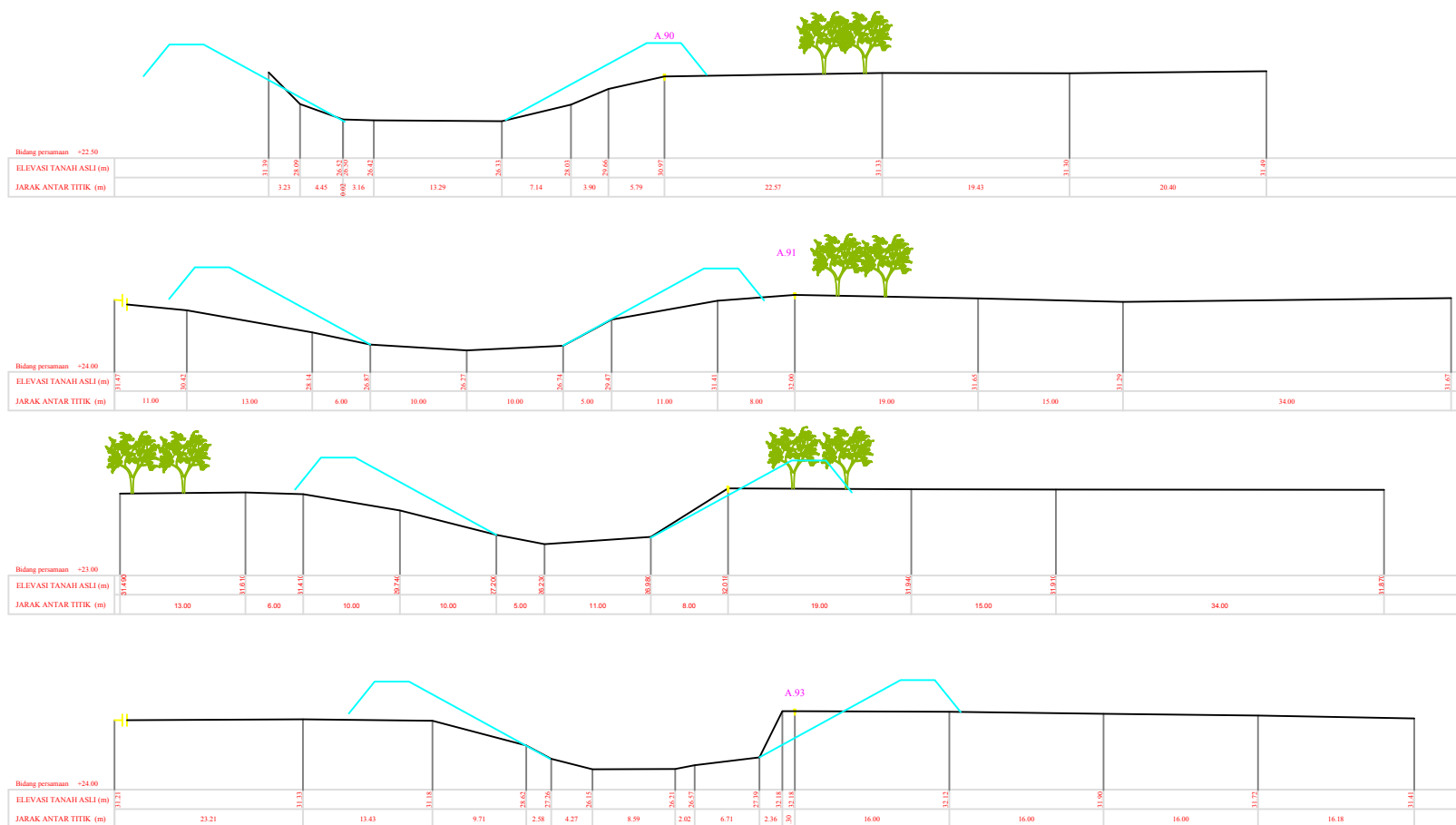
1: 500

NOMOR GAMBAR

20

JUMLAH GAMBAR

21





JURUSAN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
SIPIL, LINGKUNGAN, DAN  
KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH  
NOPEMBER

JUDUL TUGAS AKHIR

PENANGGULANGAN BANJIR  
KALI GUNTING  
DI KABUPATEN JOMBANG

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. WASIS WARDOYO, M.Sc.  
Ir. BAMBANG SARWONO, M.Sc.

NAMA MAHASISWA

ARDLI KHOIRUR R.

NAMA GAMBAR

POTONGAN MELINTANG

SKALA

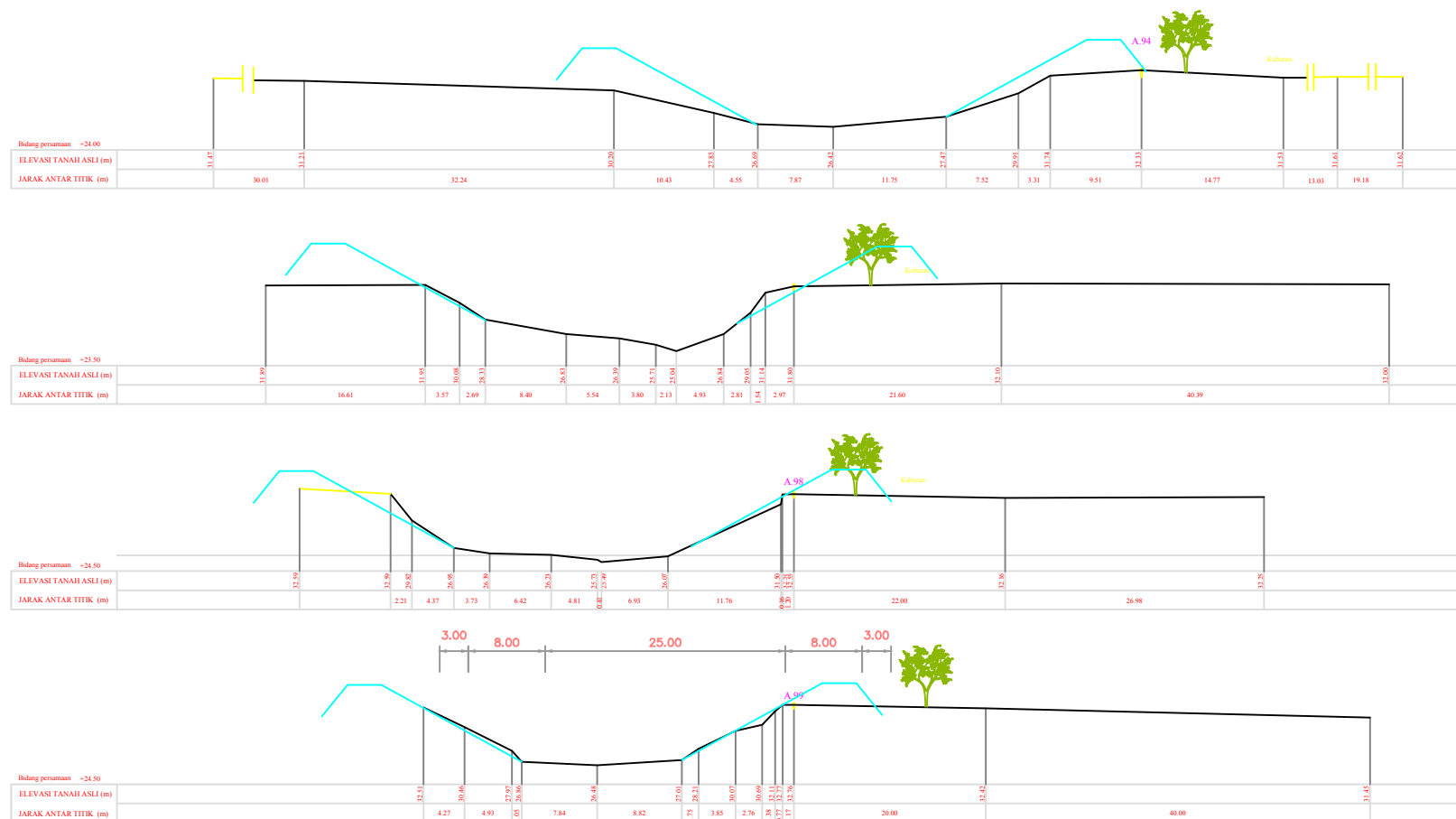
1: 500

NOMOR GAMBAR

21

JUMLAH GAMBAR

21



## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Ardli Khoirur Rizki lahir di Jember pada tahun 1993. Penulis merupakan anak ketiga dari pasangan Soenoto dan Jamilati . Pendidikan yang penulis tempuh bermula dari MI Muhammadiyah 02 Cakru (2000-2006), SMP Muhammadiyah 08 Cakru (2006-2009), SMA Negeri 02 Lumajang (2009-2012), dan dari 2012 sampai sekarang di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya masuk melalui jalur

SNMPTN Undangan. Penulis aktif dalam berorganisasi. Pada tahun kedua dikampus, penulis diamanahi sebagai staff Divisi Bakti Alam Bakti Masyarakat PLH SIKLUS ITS. Pada tahun ketiga dan keempat dikampus, penulis diamanahi sebagai staff Divisi Pendidikan dan Pelatihan PLH SIKLUS ITS. Penulis melakukan kerja praktek di PT Wijaya Karya Samarinda. Penulis mengambil studi pada bidang hidrolika untuk tugas akhir di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS. Untuk menghubungi penulis dapat melalui email [ardlikhoirurrizki@gmail.com](mailto:ardlikhoirurrizki@gmail.com) atau nomer telepon 085859733500.